

**“Propuesta de Mitigación del Riesgo Químico por Exposición al Monóxido de Carbono en  
Trabajadores del CDA TECNILALO S.A.S”**

Jessica A. Rojas

Departamento de Posgrados, Universidad ECCI

Especialización

Administradora Juli Patricia Castiblanco

31 de marzo de 2021

**“Propuesta de Mitigación del Riesgo Químico por Exposición al Monóxido de Carbono en  
Trabajadores del CDA TECNILALO S.A.S”**

Autora

Jessica A. Rojas Cardozo

Presentado para optar el título de Especialista en Gerencia en Seguridad y Salud en el Trabajo

Directora

Administradora Juli Patricia Castiblanco

Universidad ECCI

Departamento de Posgrados

Gerencia en Seguridad y Salud en el Trabajo

Bogotá D.C

2021

## Tabla de Contenido

Resumen.....	7
Introducción .....	7
Problema de investigación .....	9
Objetivos .....	11
<b>Objetivo General.....</b>	<b>11</b>
<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>11</b>
Justificación y delimitación .....	12
Marcos de referencia.....	14
<b>Estado del arte .....</b>	<b>15</b>
Marco Teórico.....	28
<b>Marco Legal .....</b>	<b>42</b>
Diseño Metodológico.....	49
<b>Fase I: Evaluación y Reconocimiento .....</b>	<b>50</b>
<b>Fase II. Determinación de los Niveles Actuales de Monóxido de Carbono (CO).....</b>	<b>52</b>
Análisis de Resultados .....	72
<b>Fase III. Diseño de un Plan Estratégico para la Mitigación del Riesgo Químico .....</b>	<b>73</b>
<b>Fuentes de investigación.....</b>	<b>75</b>
Análisis financiero .....	75
Conclusiones y recomendaciones .....	79
Referencias bibliográficas.....	81
Bibliografía .....	¡Error! Marcador no definido.

## Lista de Figuras

<i>Ilustración 1</i> .....	32
<i>Ilustración 2</i> .....	52
<i>Ilustración 3</i> .....	55
<i>Ilustración 4</i> .....	56
<i>Ilustración 5</i> .....	57
<i>Ilustración 6</i> .....	58
<i>Ilustración 7</i> .....	59
<i>Ilustración 8</i> .....	60
<i>Ilustración 9</i> .....	61
<i>Ilustración 10</i> .....	62
<i>Ilustración 11</i> .....	63

**Lista de tablas**

<i>Tabla 1.</i>	34
<i>Tabla 2.</i>	36
<i>Tabla 3.</i>	38
<i>Tabla 4.</i>	39
<i>Tabla 5</i>	41
<i>Tabla 6</i>	54
<i>Tabla 7</i>	64
<i>Tabla 8</i>	65
<i>Tabla 9</i>	66
<i>Tabla 10.</i>	67
<i>Tabla 11</i>	68
<i>Tabla 12</i>	69
<i>Tabla 13</i>	70
<i>Tabla 14</i>	71
<i>Tabla 15</i>	73
<i>Tabla 16</i>	76

**Lista de Anexos**

*Anexo 1.* Autoevaluación CDA TECNILALO S.A.S

*Anexo 2.* Política SST

*Anexo 3.* Matriz de Riesgos

*Anexo 4.* Mediciones

*Anexo 5.* Matriz documental

*Anexo 6.* Plan estratégico CDA

*Anexo 7.* Plan anual de trabajo

*Anexo 8.* Cronograma

*Anexo 9.* Presupuesto

## **Resumen**

Se realizó un diagnóstico de los estándares mínimos del sistema de seguridad y salud en el trabajo del CDA TECNILALO S.A.S de acuerdo con la resolución 0312 de 2019. Se identificaron los principales riesgos a los que están expuestos los colaboradores y posteriormente se ejecutó mediciones en la pista de motos y livianos para identificar el nivel de exposición al Monóxido de Carbono que se presenta. Posteriormente, se comparó con los valores Límites permisibles (TLV's) de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH).

Los puntos medidos en las zonas de pista de livianos y pista de motos no superaron una concentración de 19 ppm, por lo que aparentemente no existe riesgo para la salud de los colaboradores.

Teniendo en cuenta los resultados se realizó un plan estratégico para la mitigación del riesgo químico para la empresa TECNILALO S.A.S

Palabras claves: Resolución 0312 de 2019, Monóxido de Carbono, TLV's, ACGIH, Riesgo químico.

## **Introducción**

Debido a las posibles complicaciones que puede generar la inhalación de CO se genera la necesidad de realizar un mayor control de los niveles de exposición de CO en los trabajadores de los centros de diagnóstico automotor con el fin de generar estrategias que permitan contrarrestar los posibles efectos en la salud de ellos, procurando que su calidad de vida no se vea afectada por este riesgo ocupacional.

Por lo anterior este estudio busca determinar estrategias para la mitigación del riesgo químico por exposición al CO en trabajadores de línea en el CDA TECNILALO S.A.S, a su vez, generar un documento científico que permita ser base a nuevas investigaciones.

El monóxido de carbono (CO) es un gas inodoro, incoloro, no irritante a las mucosas, comprendido por la combustión incompleta de material orgánico en deficiencia de oxígeno, menos denso que el aire debido a la constitución de sus átomos, uno de carbón y otro de oxígeno

(José Luis Buitrago Buitrago & Riaño, 2014) indican que el CO se produce de la combustión incompleta del carbón tanto por actividades humanas como por fuentes naturales. En las principales fuentes de emisión de CO a la atmosfera se encuentran la combustión de vehículos que usan combustibles de origen fósil como la gasolina y diésel, los procesos industriales y los incendios forestales.

Durante el desarrollo de las actividades laborales hay personas que se encuentran en exposición significativa a los riesgos ocupacionales referentes a la inhalación de CO como lo son: conductores de taxis, asistentes de estaciones de gasolina, inspectores de línea de los centros de diagnóstico automotriz (CDA), trabajadores de casetas, bomberos y otros trabajadores en hornos o actividades en el interior de empresas

(Fuentes et al., 2019) señala que la intoxicación aguda por CO es una urgencia médica; el cuadro clínico depende de la intensidad de la exposición y varía según el grado de afectación de los órganos involucrados. El CO se une al grupo hemo de la hemoglobina desplazando al oxígeno y formando un complejo llamado carboxihemoglobina (COHb) el cual interfiere con el transporte del oxígeno a los tejidos y células, produciendo una hipoxia



generalizada, la cual puede bloquear la cadena respiratoria, generando moléculas con alto poder oxidante que dañan proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. De hecho, los indicadores de lesión mitocondrial son los mejores indicadores de toxicidad por CO.

### **Problema de investigación**

TECNILALO S.A.S en un Centro de Diagnóstico Automotor (CDA) tipo B ubicado en la ciudad de Bogotá, autorizado por el estado para certificar revisiones técnico-mecánicas y de gases de los vehículos automotores, donde se busca comprobar el estado óptimo del funcionamiento mecánico y el nivel de emisiones contaminantes del vehículo para así poder determinar la viabilidad de la circulación del vehículo automotor.

El centro de diagnóstico automotriz está compuesto por dos plantas; en el primer piso se encuentra la sección operativa de diagnóstico y en el segundo, se encuentra la sala de espera, caja y zona administrativa/gerencial. Este centro de diagnóstico cuenta con un total de 23 colaboradores distribuidos de la siguiente forma; Recepción:4, Caja:4, ingeniería: 3, Servicios generales:1, desinfección:2, contaduría:2, gestión de calidad:1 e inspección (población objeto de estudio) 6. TECNILALO S.A.S pertenece al sector económico automotriz y está dentro de clasificación de riesgo 4, no cuenta con actualización y seguimiento de SG SST desde el año 2018.

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos principales del CDA es el de garantizar que los niveles de gases que emiten los vehículos se encuentren por debajo de los niveles máximos permisibles establecidos, se cree necesario el control de la contaminación por Monóxido de

Carbono (CO) emitida por los vehículos, entendiéndose la contaminación como cualquier variación del medio que pueda repercutir negativamente en la salud de los trabajadores y que puede generar un riesgo higiénico en la organización según lo establecido en el libro de higiene industrial de (Baraza et al., 2016).

Téllez & Rodríguez (2006), Toxicólogos Colombianos manifiestan que el Monóxido de Carbono (CO) es uno de los mayores contaminantes de la atmosfera terrestre y que aproximadamente el 80% se debe a los vehículos automotores que utilizan como combustible Diesel y gasolina. Vargas-Martínez et al., (2014), manifiesta que las exposiciones leves a moderadas al monóxido de carbono pueden provocar cefalea, náuseas, mialgias y mareos; con concentraciones mayores o por tiempo prolongado pueden ocasionar disnea, dolor torácico, desorientación, cansancio, cefalea pulsátil, vértigo, diplopía, apatía, adinamia, irritabilidad, labilidad emocional exagerada, somnolencia o insomnio, alteraciones de la memoria, confusión mental, depresión.

De acuerdo con lo anterior, el CO es una sustancia con alto grado de toxicidad en el ser humano, por lo cual se debe priorizar la mitigación de la inhalación en el CDA para el personal que tiene directamente contacto con los vehículos, para los usuarios y el personal administrativo que permanentemente está en la edificación. El CDA TECNILALO S.A.S no ha evaluado el nivel de CO en el cual pueden estar expuestos toda la población que interviene en la organización, generando un riesgo laboral potencial que puede generar efectos adversos en la salud y disminuir la calidad de vida. En Colombia no se han estudiado ampliamente los análisis de riesgo ocupacional por el CO. (José Luis Buitrago Buitrago & Riaño, 2014); por lo que se hace necesario que diferentes sectores que tienen contacto con el CO, estudien más a fondo este riesgo químico en el entorno laboral.

En consideración con lo anteriormente expuesto se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué elementos de la normatividad actual vigente y de los aportes teóricos deben tenerse en cuenta para la formulación de una propuesta que conlleve a mitigar el riesgo químico por monóxido de carbono en los inspectores del CDA TECNILALO S.A.S?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Determinar estrategias para la mitigación del riesgo químico por exposición al monóxido de carbono en inspectores de línea en el CDA TECNILALO S.A.S

### **Objetivos Específicos**

1. Caracterizar el estado actual del Sistema del SG-SST del CDA TECNILALO y las acciones que se adelantan para la mitigación del riesgo químico.
2. Determinar el nivel de exposición actual a Monóxido de Carbono que se genera en los inspectores de línea durante su jornada laboral.
3. Identificar los aspectos normativos y teóricos que pueden aportar a la consolidación de una propuesta de mitigación de riesgo químico por exposición en inspectores del CDA TECNILALO S.A.S

4. Generar estrategias para la mitigación del riesgo químico por exposición al monóxido de carbono de los inspectores de línea del CDA TECNILALO S.A.S.

### **Justificación y delimitación**

De la necesidad de efectuar la revisión técnico mecánica exigida por la normatividad colombiana frente a las medidas de mantenimiento, recuperación del aire y economía terrestre expresada en la (Norma Técnica Colombiana NTC 17020, 2012), nace la oportunidad de reconocer la salud de los inspectores de línea de los centros de diagnóstico automotor como los principales afectados del factor de riesgo químico por exposición de monóxido de carbono.

En la actualidad no existen medidas estratégicas concisas, confiables y obligatorias dentro del SG-SST de los CDA debido a dos motivos; el primero, los centros de diagnóstico automotor contemplados como pequeñas y medianas empresas con nivel de clasificación IV no requieren de exigencias mayores en el bienestar de los empleados exigidos por la normatividad colombiana, lo anterior sin tener en cuenta el número de colaboradores a nivel operativo que representan una minoría dentro de la empresa, pero que a nivel gremial por número aproximado de CDA de la ciudad de Bogotá, (81 aproximadamente) determina una cantidad considerable de colaboradores.

La segunda, la exposición de monóxido de carbono como factor crítico a nivel ambiental, pero con un nivel de preocupación mínimo a nivel laboral. Es así como surge la propuesta de investigación de este proyecto, la cual se enfoca no solo en los colaboradores sino en toda la población interventora de los centros de diagnóstico automotor.

Para abarcar medidas que proporcionen promoción y prevención de la salud en una empresa es necesario no solo determinar un factor de riesgo en una población específica, sino también efectuar consideraciones investigativas que permitan crear una relación confiable y veraz para alcanzar un logro real y efectivo. Por esa razón fue conveniente realizar este proyecto ya que no solo se diseñaron estrategias de mitigación con causales claros sino también reales y con un mayor porcentaje de confiabilidad.

Cabe destacar que los logros que se pretendieron en este proyecto tienen una vinculación clara con la razón de ser de la empresa y con los valores expuestos en esta, sin dejar de lado que no existe un solo CDA sino varios con la misma debilidad dentro de la estructura humana de la organización.

Finalmente, es importante considerar que se propusieron cambios que puedan influir de manera positiva en la salud de la población, así como en la economía de la empresa dado que existe la posibilidad de disminuir gastos efectuados de manera silenciosa y que aún no han sido contemplados por el empleador por ser transparentes dentro de la planificación presupuestal de gastos en calidad humana y operativa.

## **Delimitación**

La ejecución del proyecto se realizó en el CDA TECNILALO S.A.S durante siete meses, iniciando en el mes de agosto de 2020 y finalizando en el mes de marzo de 2021.

TECNILALO S.A.S es un centro de diagnóstico ubicado en la ciudad de Bogotá en la Avenida Boyacá No. 37 C - 95. Presta los servicios de revisión mecánica y de gases de motos y livianos.

Se llevó a cabo un diagnóstico del cumplimiento de la resolución 0312 de 2019 y se identificaron los peligros y riesgos a los que los colaboradores estaban expuestos. Posteriormente se realizaron mediciones en el aire para identificar el nivel del riesgo químico por exposición al monóxido de carbono en la pista de motos y livianos generando a partir de los resultados un plan anual de acción para mitigar este riesgo.

## **Limitaciones**

En el año 2020 se presentó una emergencia sanitaria por la SARS CoV-2 (COVID 19), que generó el cierre total del CDA hasta finales del mismo año, por otro lado, por protocolos de seguridad hubo limitaciones en la entrada de las pistas y en la toma de fotografías durante el proceso del proyecto.

## **Marcos de referencia**

El presente capítulo está relacionado con tres aspectos básicos de la investigación, el primero en donde se definen todos los antecedentes tanto teóricos como de campo que se relacionan con el riesgo químico en diferentes entornos, se exponen distintos aportes en el siguiente orden: internacional, nacional y regional o local. Seguidamente, se define riesgo

químico desde la perspectiva de distintos autores, características del monóxido de carbono y entorno laboral en relación con el riesgo desde el sistema de seguridad y salud en el trabajo. Por otro lado, se determinan características, estudios y descripción del riesgo en el entorno laboral, así como la exposición de distintos postulados que sustentan el proyecto en un marco teórico. Finalmente, se limita la normatividad relacionada, aportes legales y fundamentos legislativos en el marco legal.

### **Estado del arte**

Todos los antecedentes que se interpretan a continuación están divididos en tres secciones; la primera está relacionada con la investigación documental internacional, la segunda presenta las investigaciones nacionales y la última, todas aquellas investigaciones regionales o locales. Las investigaciones descritas a continuación están comprendidas tanto con antecedentes teóricos como de antecedentes de campo.

El riesgo de contaminación por monóxido de carbono es un tema que se ha abordado en varios países del mundo debido a la gran preocupación que ello representa en el bienestar de las personas. La exposición al monóxido de carbono se puede presentar en ambientes laborales y no laborales teniendo el mismo efecto y desencadenando diversas consecuencias en la salud. Sin embargo, se presenta escasas investigaciones del CO en ambientes laborales como el de los Centros de Diagnostico Automotor, por tal motivo se recurrió a estudios con más de 3 años de antigüedad como referentes internacionales. Dentro de las fuentes consultadas como referentes locales se abordan estudios de los últimos 3 años, siendo así investigaciones más recientes.

Estos estudios aportan en la investigación un contexto general de la situación que se ha venido presentando a través de los años del problema de la contaminación por Monóxido de Carbono en ambientes laborales, así como el desconocimiento que muchas personas tienen frente a esta problemática.

### **Investigaciones Internacionales**

Henn et al., (2013), en su investigación *Occupational Carbon Monoxide Fatalities in the Us from Unintentional Non-Fire Related Exposures, 1992–2008*. [Muertes por monóxido de carbono ocupacional en los Estados Unidos debido a exposiciones no intencionales no relacionadas con incendios, 1992-2008], analizó las características y tendencias de muertes relacionadas por el monóxido de carbono (CO) en diferentes lugares de trabajo de Estados Unidos. La información se consiguió del censo de lesiones laborales fatales de la oficina de Estadísticas Laborales e información de gestión integrada de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional del Sistema para los años 1992–2008

Los resultados arrojaron que el promedio de muertes anuales por CO fue de 22 personas. La tasa de mortalidad más alta está en los trabajadores de 65 años; los trabajadores independientes representaron el 28% de todas las muertes; los vehículos de motor fueron la fuente más frecuente de exposición fatal al CO, seguidos por los sistemas de calefacción y generadores.

De acuerdo con lo anterior es importante investigar más sobre los riesgos de la exposición al CO en diferentes sectores económicos y determinar medidas de prevención y control para prevenir enfermedades y garantizar el bienestar de todos los empleados. Los vehículos de motor fueron la fuente más frecuente de exposición al CO en el anterior estudio, lo



que se relaciona directamente con el objeto de nuestra investigación, siendo el Centro de Diagnóstico Automotor una fuente potencial de peligro frente a la emisión de este gas por vehículos.

Este estudio sirve para tener en cuenta las recomendaciones de prevención que brindan los investigadores en las cuales destacan la educación como un eje principal debido a que hay personas que son conscientes al riesgo que están expuestos, pero no saben qué procedimiento seguir, por lo que es importante instalar equipos detectores y alarmas de CO, realizar controles de ventilación y diseñar los procedimientos a seguir una vez se detecta CO en los lugares de trabajo. Es importante resaltar que el estudio concluye que el CO ha sido la causa más frecuente de mortalidad ocupacional debido a la inhalación aguda.

Por ejemplo, un estudio realizado por Graber & Smith (2007), *Results From a State-Based Surveillance System for Carbon Monoxide Poisoning*. [Resultados de un sistema de vigilancia estatal para la intoxicación por monóxido de carbono], describieron y analizaron los resultados de un sistema piloto de vigilancia por intoxicación por monóxido de carbono (CO), un problema de salud pública importante pero evitable. Los autores desarrollaron el sistema de vigilancia estatal basado en los casos registrados de ingresos hospitalarios del departamento de emergencia y las visitas ambulatorias al hospital junto a los datos de mortalidad por exposición a CO.

Como resultado de la investigación, el 20% de los casos estudiados durante cinco años de la vigilancia de rutina fueron clasificados de origen ocupacional. En este estudio epidemiológico se discutió la carencia de conocimientos frente a la intoxicación por CO sobre la verdadera magnitud de mortalidad y secuelas que puede generar en los trabajadores con exposiciones altas

y continuas a este gas. Se sugiere hacer un sistema de vigilancia de salud pública que aborden estos problemas y generar programas de prevención (Graber & Smith, 2007).

Lo anterior confirma que en los entornos laborales se puede generar un riesgo eminente frente a la inhalación del gas en estudio, por lo que es importante que en sectores donde se interactúa con el CO, se monitoree las concentraciones y se evalúen los riesgos.

Otra investigación por Janík et al., 2017, denominada *Carbon Monoxide-Related Fatalities: a 60-Year Single Institution Experience*. [Muertes relacionadas con el monóxido de carbono: una experiencia de 60 años en una sola institución], tuvo como objetivo determinar las posibles causas de intoxicación por monóxido de carbono (CO) y las características epidemiológicas de las muertes relacionadas con el CO en la República Checa. El método que se utilizó fue el estudio de cohorte retrospectivo de centro único, basado en autopsia de todas las muertes causadas por envenenamiento a causa de CO durante seis décadas.

Se identificó que las muertes se presentaron por causa de la inhalación de gas de carbón, gases de escapes de vehículos de motor inhalado, humo de fuego inhalado y otras fuentes de combustión como el carbón, el gas y los aparatos de leña.

En el estudio se analizó que la posición socioeconómica y un bajo nivel educativo tienen mayor riesgo de intoxicación por este gas, los autores sugieren que se realicen más estudios similares a gran escala que permita una intervención en la población con mayor nivel de riesgo para su salud y comprender de mejor manera las principales fuentes que genera mortalidad relacionada con el CO.

Por otro lado, Ghosh et al., (2016), en su investigación *Analysis Of Hospital Admissions Due to Accidental Non-Fire-Related Carbon Monoxide Poisoning In England, Between 2001 and 2010*. [Análisis de los ingresos hospitalarios debido a una intoxicación accidental por monóxido de carbono no relacionada con el fuego en Inglaterra, entre 2001 y 2010], este estudio se basó en determinar la morbilidad a causa del CO en Inglaterra, clasificando los casos por región, sexo y edad. Los resultados arrojaron que se tuvo mayor incidencia las regiones más frías, debido al aumento del uso de la calefacción; en los resultados de sexo se dividieron en partes iguales en hombres y mujeres.

Otros envenenamientos por CO se presentaron por los gases de escape de los automóviles a causa de suicidio en Inglaterra, durante la última década se presentó una reducción de esta situación debido a que más automóviles fueron equipados con convertidores catalíticos que reducen las emisiones de CO.

Se sugiere realizar intervenciones de salud pública a los grupos de mayor vulnerabilidad, ellos dan como ejemplo a las personas mayores, personas con niños pequeños, trabajadores de cocina entre otros. A pesar de que este estudio está enfocado más en el problema de CO a causa de la calefacción y humos de leña sirve como antecedente de este proyecto para conocer el contexto que se ha estudiado esta problemática y ver las recomendaciones que dan hacia la población que pueda estar expuesta, sin tener en cuenta la región o la fuente que lo genere.

Según el análisis de estas investigaciones se hace necesario indagar sobre los riesgos atribuidos al CO en diferentes lugares de trabajo y por diferentes fuentes, teniendo en cuenta que, aunque el proyecto se basa en riesgo por inhalación de CO emitida por vehículos las consecuencias pueden estar relacionadas directamente con otra fuente de emisión.

Alberre et al., (2019), en su estudio *The Incidence and Risk Factors of Carbon Monoxide Poisoning in the Middle East and North Africa: Systematic Review*. [Incidencia y factores de riesgo de la intoxicación por monóxido de carbono en Oriente Medio y África del Norte: revisión sistemática], estimó la prevalencia de la intoxicación por monóxido de carbono (COP) a nivel de la región del Medio Oriente y África del Norte con base en estudios realizados por la OMS. Como resultado de la evaluación de diferentes escritos sobre el tema de cinco países diferentes, se concluyó que existen similitudes en las características geográficas, culturales, económicas y de estilo de vida de la población con niveles de intoxicación por monóxido de carbono; en cuanto al análisis del sexo con autopsia los hombres tienen más posibilidad de presentar intoxicación por este gas y con respecto en la edad más afectada, los datos mostraron que las víctimas tenían una edad media de treinta años.

El estudio demostró que las principales complicaciones que presentaban las víctimas eran problemas gastrointestinales, como náuseas y vómitos, sin embargo, expresan que estos síntomas puede ser una sobreestimación y no un reflejo real de la tasa debido al método subjetivo de notificación.

Se considera que su estudio no está relacionado directamente con este proyecto, pero sirve como fundamento para estimar que es importante establecer estrategias que permitan mitigar el riesgo a la contaminación por monóxido de carbono en fuentes de emisión. En este caso las actividades de inspección de gases (CO) en los CDA son considerados como un peligro para la salud de los empleados y usuarios, por lo que la necesidad de estudios y de implementación de medidas se hacen cada día inevitables.

Otras complicaciones asociadas a este riesgo se precisan en el estudio realizado por Kim et al., (2015) *Carbon Monoxide Poisoning-Induced Cardiomyopathy from Charcoal at a Barbecue Restaurant: a Case Report*. [Miocardiopatía inducida por envenenamiento por monóxido de carbono por carbón vegetal en un restaurante de barbacoa: informe de un caso], el objetivo fue investigar si la exposición por monóxido de carbono (CO) en un trabajador de 47 años de un restaurante le ocasionó miocardiopatía.

El método consistió en realizar exámenes médicos al trabajador, este fue llevado al servicio de urgencias donde se realizó angiografía cardíaca y la electrocardiografía, cuando el paciente presentó alivios en los síntomas fue dado de alta y se inició la investigación de su puesto de trabajo.

Se concluyó que fue diagnosticado con cardiomiopatía aguda inducida por envenenamiento por monóxido de carbono debido a un ambiente de trabajo inseguro. Según los resultados, el riesgo de exposición a químicos nocivos como el monóxido de carbono por parte de los trabajadores de la industria de servicios de alimentos es potencialmente alto, y los trabajadores de este sector deben ser educados y monitoreados por el servicio de salud ocupacional para evitar efectos adversos. (Kim et al., 2015)

Este informe puede proporcionar bases para la evaluación futura de trabajadores de otros sectores económicos donde la presencia de CO está latente en las horas laborales, se debe monitorear a las personas que sufran de enfermedades cardiovasculares y estén expuestas a CO por periodos de larga prolongación dado que por esta exposición se adquiere o empeora la enfermedad cardiovascular, las cuales son poco estudiadas como casos de enfermedad laboral.

Del mismo modo un estudio realizado en Valencia, Venezuela por Rojas et al., (2001), llevaron a cabo la medición de la concentración de CO en 16 quioscos y se determinó la concentración sanguínea de carboxihemoglobina (COHb-S) en los individuos que trabajaban en el lugar y en un grupo de control, ubicada en una zona montañosa, apartada, sin contaminación ambiental aparente. Como resultado en el grupo expuesto no se encontró correlación entre las concentraciones de COHb-S y de CO-aire. La COHb-S media del grupo expuesto fue significativamente superior a la del grupo de control y a la concentración permisible según el método analítico empleado; todos los síntomas de frecuencia diaria afectaron a un mayor porcentaje de individuos del grupo expuesto que del grupo de control. Entre los de frecuencia diaria, las afectaciones más comunes en el grupo expuesto fueron la cefalea y la fatiga y en siete quioscos se excedieron los límites permisibles de CO-aire.

Los resultados de este estudio son valiosos para la investigación dado que expresan que, aun cuando no se sobrepasen los límites permisibles establecidos, la actividad laboral de los individuos estudiados representa un riesgo potencial para su salud debido a la exposición al CO, pues el 100% de los síntomas con frecuencia diaria o de 4-6 veces/semana ocurrieron en un mayor porcentaje de individuos del Grupo Expuesto que del Grupo de Control, menos expuestos a los contaminantes atmosféricos. De manera que, es importante conocer a que niveles están expuesto la población del CDA y establecer medidas para su mitigación.

Investigaciones referentes al riesgo de CO en centros de diagnóstico es realizada por Checa Yáñez, (2015), *Evaluación a la exposición laboral a monóxido de carbono en el centro de revisión y control vehicular la florida alta del distrito metropolitano de quito y propuesta de medidas de prevención y control*, quien identificó la exposición laboral a monóxido de carbono en cada uno de los puestos de trabajo mediante el método de monitoreo directo. Como resultado

la mayor concentración de monóxido de carbono se registró en el puesto de trabajo del inspector de línea sección 3 fosa que fue de 12,65 ppm valor, exposición ambiental que no sobrepasaba el TLV de 25 ppm para el CO, por lo cual concluyó que no existía sobreexposición. Por otro lado, se realizó carboxihemoglobina en sangre de todos los trabajadores y los de la sección tres (fosa de revisión) presentaban los valores de índice Biológico de Exposición (BIE) en 3,7 % es decir sobrepasaban los límites por lo que era necesario indagar cuales eran los factores que influían en el BEI para mantener esta elevación.

Se identifica que existen otras variables que influyen en el aumento de la concentración de CO en la población expuesta por lo que es importante indagar a partir de esta investigación que factores pueden generarlo.

Uno de los factores que influyen directamente son los presentados en el estudio de Sugavanesh P. & Pushpanjali (2018), *Nicotine Dependence, Its Risk Indicators, and Exhaled Carbon Monoxide Levels among the Smokers in Bengaluru India*, [Dependencia de la nicotina, sus indicadores de riesgo y niveles de monóxido de carbono espirado entre los fumadores de Bangalore India], se basó en evaluar la dependencia de la nicotina y los niveles de monóxido de carbono (CO) exhalado entre los fumadores en Bangalore. Como resultado los niveles de CO exhalados se correlacionaron significativamente con la dependencia de la nicotina.

Otra investigación que confirma lo expuesto anteriormente es Vargas-Martínez et al., (2014), *Intoxicación ocupacional por monóxido de carbono Trastornos otoneurológicos y cardiovasculares*. El objetivo de esta investigación fue determinar la relación de trastornos otoneurológicos y cardiovasculares con la intoxicación por monóxido de carbono en el ambiente de trabajo, para la adecuada fundamentación de su diagnóstico como enfermedad de trabajo. Para

llevar a cabo este estudio se realizó un estudio transversal, comparativo, de abril a noviembre de 2012, de asaderos, de restaurantes que cocinaban pollo con leña y carbón, seleccionados aleatoriamente, quienes fueron comparados con un grupo control. Se integraron grupos con fumadores y no fumadores. El riesgo que se atribuyó al estudio fue la presencia de hipoacusia en el grupo de fumadores, en el grupo de control la hipoacusia leve.

Aunque el enfoque de los dos estudios anteriores son diferentes al de la investigación, contribuye en la manera que determinan que los niveles de concentración de CO en las personas difieren en personas fumadora y no fumadora; por otro lado, en estas investigaciones recomiendan. que se refuercen estudios epidemiológicos en poblaciones expuestas simultáneamente a monóxido de carbono y ruido como es el caso de la empresa en estudio. Es importante rescatar que el resultado de este estudio demuestra que el monóxido de carbono también puede generar problemas de hipoacusia.

### **Investigaciones Nacionales**

En Colombia no se ha encontrado muchos estudios referentes a riesgo ocupacional por inhalación de CO, se identifica que este gas genera efectos adversos en la salud humana pero falta que se profundice en varios sectores económicos con respecto a riesgos laborales.

Tejedor Cassiani & Johana Mena, (2016), realizaron la investigación *Determinación de monóxido de carbono (CO) como factor de riesgo laboral en estaciones de servicio de combustible*. El desarrollo de esta investigación permitió la determinación de las concentraciones de monóxido de Carbono, a las cuales están expuestos los trabajadores de estaciones de servicio del municipio de Pitalito- Huila, durante las jornadas laborales, en sus quehaceres cotidianos, lo



que corresponde a los promedios de las concentraciones de CO correspondientes en cada una de las ocho horas laborales.

Como resultado de esta investigación se presentó que las concentraciones de CO no son continuas y en muchos casos están muy por encima de los TLW, lo que puede estar relacionado con los diferentes síntomas presentados por los trabajadores de las estaciones de servicio. Por otro lado, las concentraciones de CO de las estaciones de servicio del municipio de Pitalito no están influenciadas en relación directamente proporcional por la temperatura y la humedad, es decir, la saturación de CO es independiente de estas dos variables. (Tejedor Cassiani & Johana Mena, 2016).

De acuerdo con lo anterior se toma como referencia que independientemente de la altitud donde se encuentre el centro de diagnóstico, la concentración de CO no varía, sin embargo, se tendría que indagar más frente a esta variable. Desde otro punto de vista, la investigación anteriormente mencionada permite que se tenga una afirmación respecto a que la cefalea es el síntoma más frecuente en trabajadores expuestos al CO.

José Luis Buitrago Buitrago & Riaño (2014), realizaron un estudio sobre *Análisis de riesgo ocupacional asociado a la presencia de monóxido de carbono mediante un sistema gráfico*, este trabajo se enfocó en el análisis de riesgo ocupacional para un área de estudio donde se encontraban fuentes fijas y móviles de monóxido de carbono. En este estudio se empleó la técnica de isoconcentraciones con el fin de evidenciar gráficamente la concentración del contaminante, utilizando un detector que opera con tecnología de sensor infrarrojo no dispersivo. Se realizó un cálculo de riesgos (plasmado en un mapa), el cual relacionaba la concentración del contaminante con valores límite establecidos por la OSHA y la WHO.

El estudio expresa que en Colombia no se ha estudiado ampliamente los análisis de riesgo ocupacional por el CO, por lo cual hay una carencia de valores límite umbral orientados a este nivel y se deben utilizar los establecidos por agencias internacionales como la OSHA. Este trabajo cumplió con la resolución 610 de 2010 de Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial en lo que respecta a la concentración de monóxido de carbono en el aire, la cual establece un máximo valor permisible de exposición de CO de 40 mg/ m<sup>3</sup> o 35 ppm.

La metodología empleada fue un muestreo promedio de una hora al considerarse representativo de toda la jornada laboral. Sin embargo, los autores resaltan que, si se tiene en cuenta la directriz de 9 ppm para CO en una jornada de 8 horas establecidas por la WHO, se podría evidenciar un posible riesgo a la salud en el presente estudio, ya que la máxima concentración de CO obtenida fue de 7,5 ppm.

Este estudio contribuye generando resultados de los niveles de CO que pueden estar expuestos en una jornada laboral; horarios que se han registrado adecuado para la toma de medidas, así como recomendaciones que debe tener en cuenta los requisitos de la resolución 610 de 2010.

Por otro parte, Téllez et al., (2006) con la *publicación Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental*. Expresa que, en los últimos años, los estudios de investigación experimentales en animales y epidemiológicos en humanos han evidenciado relación entre población expuesta en forma crónica a niveles medios y bajos de monóxido de carbono en aire respirable y la aparición de efectos adversos en la salud humana especialmente en órganos de alto consumo de oxígeno como cerebro y corazón. Además, se han documentado efectos nocivos cardiovasculares y neuropsicológicos en presencia de concentraciones de

monóxido de carbono en aire inferiores a 25 partes por millón y a niveles de carboxihemoglobina en sangre inferiores a 10 %.

### **Investigaciones regionales**

Se han realizado distintos estudios en relación con los centros de diagnóstico automotriz con profundo abordaje en planes de negocio, pero no dentro de su sistema de SG-SST lo cual idealiza la necesidad de investigación de los diferentes riesgos en este entorno laboral. Sin embargo, se encontraron antecedentes de análisis en entornos laborales diversos lo cual aporta en temas metodológicos a nuestra investigación.

López Forero et al., (2019) en su trabajo *Propuesta para la prevención del riesgo químico. Un análisis documental de la exposición al monóxido de carbono en los trabajadores de parqueaderos subterráneos*, presentan estrategias que sirven para minimizar el riesgo químico provocado por la inhalación de monóxido de carbono en trabajadores (guardas de seguridad) de sótanos de los centros comerciales en la ciudad de Bogotá, enfocando su estudio en la importancia de la ventilación de estos, puesto que se demostró precariedad en la implementación de este factor.

Se efectuaron tomas de muestras del monóxido de carbono en sitio usando como base el método analítico NIOSH, escogiendo días de la semana con variedad de ocupación, con varios registros como mínimo de tres minutos, se usaron como técnicas de recolección de muestras: zona respiratoria (a nivel olfativo de trabajadores y visitantes) y zona techo: puesto que los humos se concentran en esa zona. Dan como resultados altos las concentraciones en techo y en algunos pisos resultados altos en zona respiratoria.

De acuerdo con los resultados obtenidos se indican algunas recomendaciones, como el monitoreo de zonas con mayor incidencia a exposición de este gas, uso de protección respiratoria, exámenes médicos, identificación, evaluación y valoración de riesgos y programas de prevención.

### **Marco Teórico**

El monóxido de carbono (CO) es un gas tóxico ambiental incoloro, inodoro e insípido. Las fuentes comunes de CO incluyen los gases de escape de los vehículos de motor, la quema de carbón, madera, queroseno o gas natural para calentar y cocinar. Las intoxicaciones por CO pueden afectar a múltiples órganos y sistemas (Ej., Los pulmones, el sistema nervioso periférico y central)(DiLoreto & Corcoran, 2012).

La exposición a este toxico es de mayor preocupación desde el punto de vista accidental, doméstico y ocupacional; aunque la predominación, sigue presentándose en ambientes relacionados con calefacción defectuosos y los gases emitidos por los automóviles. (Tejedor Cassiani & Johana Mena, 2016b).

Teniendo en cuenta las fuentes de generación de este gas, un estudio de (Biarth Hernández & Pire Rivas, 2007) el transporte automotor, fundamentalmente el movido con motores de gasolina, es una de las principales fuentes contaminantes de la atmósfera, que se produce por la combustión de la mezcla aire-combustible y las reacciones incompletas y colaterales que transcurren durante el proceso de oxidación a altas temperaturas.

Las muertes por intoxicación por monóxido de carbono (COP) se deben principalmente a incendios, estufas, calentadores portátiles y gases de escape de automóviles. Además, el humo del cigarrillo se considera una fuente importante de monóxido de carbono.(Alberre et al., 2019)

El envenenamiento por CO se produce cuando el CO se une a la hemoglobina con una afinidad mucho mayor que el oxígeno y forma carboxihemoglobina (COHb). Esto reduce el oxígeno transporte y causa isquemia de los tejidos vitales, incluida el sistema extrapiramidal, corteza cerebral y miocardio. Las principales patologías por intoxicación de CO son dolor de cabeza, malestar gastrointestinal, mareos, debilidad, convulsiones y coma. (Veiraiah, 2020).

Entre otras sintomatologías se encuentra afecciones respiratorias agudas y crónicas, irritación de la mucosa ocular, deterioro de las funciones respiratoria y cardiovascular e incremento de la mortalidad por enfermedades cardio-respiratorias, incluyendo cáncer pulmonar, y afectando, además, el clima mundial, indirectamente, como gas de efecto invernadero. (Biar Hernández & Pire Rivas, 2007).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que los niveles fisiológicos normales de COHb de los no fumadores varían entre 0.3 y 0.7 % y los de los fumadores, entre 3 y 8 %.5 Su diagnóstico es específicamente clínico y se puede hallar con una prueba de laboratorio en sangre o aire espirado.(Vargas-Martínez et al., 2014).

Teniendo en cuenta que los centros de diagnóstico son organizaciones donde el principal servicio que se ofrece es la verificación de los niveles de gases emitidos por los vehículos, los cuales generan un riesgo químico para los inspectores de línea, según Fernández García (2013) se entiende que hay un riesgo químico cuando la salud de los trabajadores puede verse dañada por la toxicidad de ciertos elementos del ambiente.

Por lo que el sistema de seguridad y salud en el trabajo que compone un centro de diagnóstico aparte de velar por un ambiente laboral propicio en temas psicosociales, biomecánicos y condiciones de seguridad; deberá velar por el riesgo químico y biológico en el ambiente de trabajo, se deberán verificar los puntos de riesgo para el personal expuesto y a su vez generar medidas que logren mitigar el riesgo de los trabajadores en sus actividades diarias, a lo que se le debe prestar importante atención puesto que “ el CO se puede acumular en espacios cerrados o parcialmente cerrados causando intoxicación” Bolaños Morera et al., (2017) y por la compatibilidad que tiene con la hemoglobina, es transportado por el cuerpo humano en forma de carboxihemoglobina.

Teniendo en cuenta lo anterior, el riesgo potencial que se puede presentar en el CDA con respecto al monóxido de carbono está relacionado con dos factores: el primero se refiere a la toxicidad de la sustancia, es decir su capacidad de provocar un daño inmediato en un cierto tiempo y el segundo factor es con respecto a la concentración que presenta. Los dos factores determinan la peligrosidad de una sustancia.

Se puede presentar intoxicación aguda generada por exposiciones cortas de tiempo con concentraciones altas que provocan la absorción rápida del tóxico y también se puede presentar la intoxicación crónica, que se presenta por exposiciones en un largo periodo de tiempo con concentraciones bajas del tóxico.

### **Niveles de Toxicidad**

Toxicidad Grave. Exposiciones graves pueden producir sincope, confusión, ataques, evacuación involuntaria, desorientación, edema pulmonar, pérdida del conocimiento, coma, colapso, ampollas y muerte.

Toxicidad moderada. Estas exposiciones pueden producir mareos, debilidad, náuseas, vómito, taquicardia, sudoración, disminución de atención, dificultad al pensar, fuertes zumbidos en el oído, pérdida del control muscular, somnolencia, alucinaciones, disminución de la destreza manual, reducción del juicio, visión borrosa, sofocos.

Toxicidad Leve. Exposiciones leves podría producir un intenso dolor de cabeza en el lóbulo temporal o frontal, mareo, fatiga y disnea.

Con el estudio que realiza Bolaños Morera et al., (2017), la toxicidad de CO depende esencialmente de la especial afinidad que tiene por los grupos heme de las proteínas, como globinas (hemoglobina, mioglobina) y por citocromos de las enzimas respiratorias mitocondriales (CYP - 450 y A3) y la NADPH reductasa. Además, produce una interrupción en el transporte de oxígeno y precipita la cascada inflamatoria.

### Ilustración 1.

Gama de síntomas y efectos según concentración y tiempo de exposición de CO

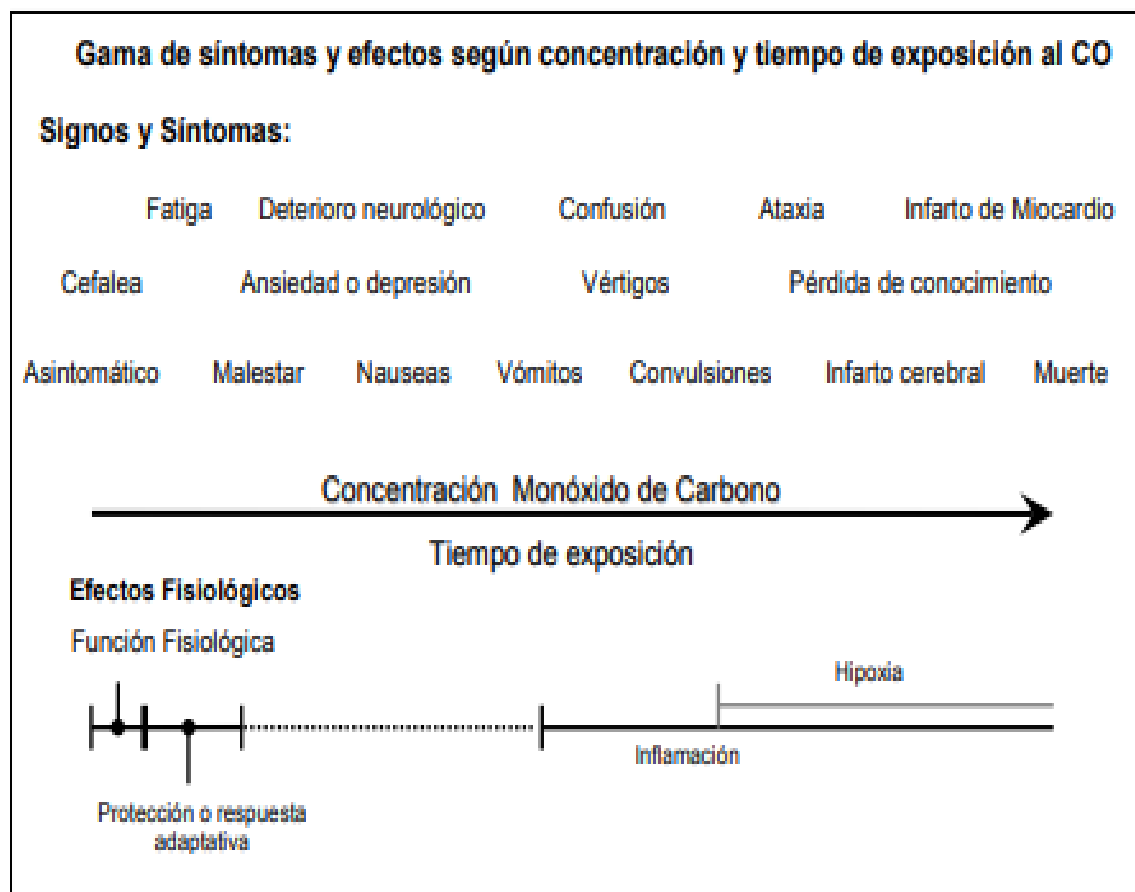


Gráfico 2: Adaptado de Weaver Lindell K., Carbon Monoxide Poisoning. *N Engl J Med* 360;12 NEJM.org, March 19, 2009.

*Nota.* Se muestra la relación entre la concentración del CO y el tiempo de exposición a este gas. Fuente (López et al., 2019)

Los Factores que influyen en la toxicidad de un elemento son: las características personales del trabajador, se destaca las más importantes:



El sexo: algunos efectos solo se producen en la mujer, pues aparecen en el momento del embarazo.

La edad: adquiere importancia cuando afecta al desarrollo de las células, ya que este es más rápido en las personas jóvenes.

El peso: están relacionados con el peso de la persona, a mayor peso la concentración del tóxico será mayor, en otros casos, ocurre lo contrario.

El estado de salud: una persona sana soporta mejor los efectos nocivos de cualquier tóxico.

El estado inmunológico: la capacidad para defenderse de las enfermedades relacionadas con la resistencia del organismo ante la presencia del tóxico.

**Tabla 1.**

Porcentajes de COHb y los síntomas asociados

Concentración de COHb (en no fumadores)	Síntomas y signos
<2%	Inocuo.
2,5%	Deterioro de la orientación temporal.
5%	Deterioro de facultades psicomotrices.
>5%	Alteraciones cardiovasculares.
10-20%	Cefalea, vasodilatación, alteraciones visuales, vértigo, dolor abdominal y náuseas.
20-30%	Cefalea, disnea, angor de esfuerzo.
20-40%	Disnea, arritmia, cefalea intensa, alteraciones visuales, síncope, confusión mental, debilidad en miembros inferiores y vómitos. Estos síntomas pueden impedir a la víctima escapar del área contaminada.
40-50%	Síncope, taquicardia, taquipnea. > 40% puede ser mortal por asfixia.
>45%	Coma, acidosis metabólica de origen láctico por glucólisis anaeróbica, hipokalemia, hipotensión, convulsiones, depresión respiratoria, edema pulmonar, alteraciones EKG.
50-60%	Coma, convulsiones, respiración irregular.
>60%	Convulsiones, coma, paro cardiorrespiratorio, muerte.
70-80%	Muerte.

*Nota.* Los posibles síntomas según el porcentaje de COHb se muestra en la tabla de acuerdo a la investigación de (Bolaños Morera et al., 2017).

Teniendo en cuenta el riesgo químico que puede presentar los colaboradores del CDA, es importante abordar la higiene industrial como herramienta para su control y prevención. La higiene industrial según la Organización Internacional del trabajo (OIT):

Es la ciencia de la anticipación, la identificación y el control de los riesgos que se originan en el lugar de trabajo o en relación con éste que pueden poner en peligro la salud y el bienestar de los trabajadores, teniendo en cuenta su posible repercusión en las comunidades vecinas y en el medio ambiente en general. (Baraza et al., 2016. pp 16)

Partiendo desde el concepto de la OIT, el principal objetivo de la higiene industrial es generar herramientas para prevenir las enfermedades laborales a partir de unos pasos establecidos, donde primero se debe realizar la identificación del contaminante, seguidamente la medición, la valoración y por último el control del riesgo higiénico.

El riesgo higiénico es la probabilidad de que un trabajador sufra un daño con ocasión o a consecuencia de su trabajo por la exposición a factores ambientales. Para la medición del riesgo higiénico de la exposición al monóxido de carbono, existen diferentes metodologías para su cálculo.

Para la identificación del riesgo higiénico industrial de productos químicos peligrosos, se puede implementar las siguientes metodologías.

**Tabla 2.**

Métodos de muestreo y análisis de contaminantes químicos

Métodos de la N.I.O.S.H. (National Institute for Occupational Safety and Health).	Métodos O.S.H.A. (Occupational Safety and Health Association).
Normas I.S.O. (International Organization for Standardization).	Normativas nacionales sobre Límites Permisibles para contaminantes químicos en ambientes laborales.
Normativas nacionales sobre límites de tolerancia biológica para determinados agentes químicos.	Valores Límites Ambientales (TLV) para contaminantes químicos, propuestos por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) de Estados Unidos.
Valores Límites Biológicos (BEI) para determinadas sustancias químicas, propuestos por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) de Estados Unidos.	

El método seleccionado para el desarrollo de este proyecto es mediante la comparación de los Valores Límites Permisibles (TLV's) de la ACGIH, versión 2012 adoptados por Colombia

bajo la resolución 2400 de 1979 y determinar la existencia o no de riesgo para la salud del personal que labora en el Centro de Diagnóstico Automotor.

La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) y los Índices Biológicos De Exposición (BEI), tiene que ver con aquellos valores de referencia propuestos como guía para la evaluación del riesgo potencial para la salud.

De acuerdo con la Resolución 2400 de 1979 que adopta esta metodología, se establece criterios para las mediciones y verificación de los gases presentes en las áreas, así como la determinación del riesgo mediante los Valores Límites Permisibles. TLV-TWA son los valores límites permisibles establecidos para áreas de trabajo en las cuales se labora ocho (8) horas diarias con un total de cuarenta 40 horas semanales, durante las cuales el trabajador por su oficio está expuesto día tras día, sin que su salud sea afectada.

En el muestreo se identifica los siguientes criterios, el primero corresponde a la Concentración Medida que es la relación del contaminante hallado respecto al volumen de aire muestreado. El segundo criterio es la Concentración Estándar, que se refiere al resultado de corregir la concentración medida por un factor dependiendo de la presión atmosférica y la temperatura de medición.

Después de obtener la Concentración Estandarizada del contaminante encontrado en la medición, se divide el TLV de la sustancia de esta manera se calcula el Índice de riesgo (IR).

$$IR = \frac{\text{Concentracion Promedio}}{\text{TLV corregido}}$$

El índice de riesgo permite priorizar las diferentes acciones de mejoramiento y para esto existen diferentes conceptos como el del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH).

Una vez determinado el I.R. se hace el planteamiento de las posibles medidas de intervención y recomendaciones si se requieren. NIOSH establece como nivel de acción  $IR = 0.5$  (50% del TLV), tomando este parámetro como punto de partida sobre el cual se deben implementar medidas de control a nivel de fuente, medio y trabajador.

**Tabla 3.**

Los límites de exposición laboral al Monóxido de Carbono

OSHA	El PEL (Límite de exposición permisible) es de 50ppm como promedio durante un turno laboral de 8 horas.
NIOSH	El REL (Los límites de exposición recomendada) es de 35ppm, como promedio durante un turno laboral de 10 horas y de 200ppm, que nunca debe excederse durante ningún periodo laboral de 15 minutos.
ACGIH	El TLV (Valor Umbral Límite) es de 25ppm como promedio durante un turno laboral de 8 horas.

La ACGIH, indica un TLV - TWA de 25 ppm (25 partes por millón), para 8 horas diarias de trabajo y 40 a la semana. Además de ello posee la Notación BEI. Debido a que Colombia labora en jornada distinta a 40 horas semanales, se recomienda que el TLV - TWA sea corregido mediante el método Brief & Scala.

Teniendo en cuenta que la jornada laboral colombiana es de 48 horas a la semana, se debe realizar la respectiva corrección donde el nuevo TLV-TWA es de 19.35 ppm.

Bajo este supuesto, se hace necesario verificar los efectos que tiene la salud de los trabajadores frente a la exposición de estos gases y los límites permisibles a los cuales pueden estar expuestos, identificando las condiciones en las cuales todos los trabajadores pueden exponerse, en su diario vivir, a la acción de tales concentraciones sin sufrir efectos adversos para la salud.

El monóxido de carbono genera afectaciones en el sistema nervioso central que pueden influir en alteraciones del comportamiento teniendo una aparición hasta tres meses posteriores al inicio de la intoxicación aguda, a lo cual se denomina “Síndrome Neurológico Tardío” que consiste en la aparición de trastornos de las funciones superiores, déficit de cálculo, fallos de memoria, desorientación; o alteraciones del carácter como agresividad, irritabilidad, apatía”. (Martínez Sánchez & González Navarro, 2016).

## **Sistemas de Ventilación**

El centro de diagnóstico TECNILALO S.A.S cuenta con la ventilación descrita en la siguiente tabla.

**Tabla 4.**

*Sistema de ventilación actual del CDA TECNILALO S.A.S*

Cantidad	Localización	Descripción
1	Zona de pre-revisión  (pista livianos)	Extractor eólico EECP 650 consta de 21” de rotor, cuello de 17” construido en aluminio H12 con campana y capacidad de extracción de 1500 a 2000 m2
1	Zona de taxímetro  (pista livianos)	Extractor eólico EECP 650 consta de 21” de rotor, cuello de 17” construido en aluminio H12 con campana y capacidad de extracción de 1500 a 2000 m2
2	Zona holguras y gases  (pista livianos)	Extractores eólicos EECP 650 consta de 21” de rotor, cuello de 17” construido en aluminio H12 con campana y capacidad de extracción de 1500 a 2000 m2



2	Pista de motocicletas (pista livianos)	Extractor eólico EECP 800 consta de 31” de rotor, cuello de 21” construido en aluminio H12 con campana base y capacidad de extracción de 2000 a 2500 m2
---	---	--

Teniendo en cuenta los límites permisibles para la inhalación de monóxido de Carbono (CO) se hace necesario la implementación de elementos de protección personal a partir de los niveles de emisión de este gas. Se realiza la siguiente tabla con los elementos de protección de acuerdo con las condiciones de emisión de CO en el ambiente.

**Tabla 5**

*Tipos de protección respiratoria aplicable al CO*

<b>Condición de concentración</b>	<b>Protección respiratoria mínima requerida sobre 50 ppm</b>
Concentraciones superiores 25 ppm	Utilizar un equipo de respiración con suministro de aire aprobado por NIOSH.
Concentraciones de Gas de 500 ppm o menos	Cualquier equipo respirador con suministro de Aire. Cualquier equipo respirador autocontenido.

1 500 ppm o menos	<p>Cualquier respirador con suministro de aire con máscara facial completa, con casco o capucha.</p> <p>Cualquier equipo respirador autocontenido con máscara completa.</p> <p>Cualquier equipo respirador con suministro de aire del tipo C, graduado para funcionar a presión por demanda o con otro sistema de presión positiva o de flujo continuo.</p>
Más de 1 500 ppm o para entrada o escape donde las concentraciones son desconocidas	Equipo respirador autocontenido con máscara facial completa, graduado para funcionar a presión por demanda o con otro sistema de presión positiva
Combate contra incendios	Equipo respirador autocontenido con máscara facial completa, graduado para funcionar a presión por demanda o con otro sistema de presión positiva
Escape	<p>Cualquier máscara antigás que provea protección contra el monóxido de carbono.</p> <p>Cualquier equipo respirador autocontenido para escape con máscara completa.</p>

*Nota.* Se muestra recomendaciones de protección respiratoria de acuerdo con la concentración del CO. Fuente (López et al., 2019)

### **Marco Legal**

En 1979 se empieza a hablar de las concentraciones máximas permisibles de sustancias o gases nocivos para la salud humana en los entornos laborales con la resolución 2400 de 1979, en la cual se determina en su artículo 154 que en los lugares trabajo que dentro de sus procesos o actividades los trabajadores tengas exposición a gases, se deberá fijar los niveles máximos permisibles de exposición de acuerdo con la tabla establecida por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales, o con los valores límites permisibles fijados por el Ministerio de Salud. En su artículo 155 expresa la obligación de que las empresas deberán adoptar las medidas necesarias para controlar los agentes contaminantes desde su fuente o en su defecto establecer medidas de prevención tales como la limitación del tiempo de exposición.

La Constitución Política de Colombia. 1991 en sus artículos 79 y 80 establecen el saneamiento ambiental como un servicio público a cargo del Estado y ordenan proteger la diversidad e integridad del ambiente; fomentar educación ambiental, prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental; imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación restauración o sustitución.

Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las

sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

El conocimiento de esta normatividad en la constitución ayuda a determinar la importancia y la obligatoriedad que se tiene como gerentes en la seguridad y salud en el trabajo de proteger a los trabajadores de la exposición del monóxido de carbono, a su vez reconocer el derecho que no solo ellos tienen sino también los usuarios de gozar de un ambiente sano, controlando el deterioro ambiental al que se pueden ver expuestos.

Según la ley 99 de 1993 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente en el artículo 5 numerales 2 y 10 donde se estipula la obligación de regular las condiciones generales en el saneamiento del medio ambiente, en la mitigación del impacto de actividades contaminantes y a su vez determinar normas ambientales mínimas y regulaciones de carácter general sobre el medio ambiente a las que deberán sujetarse actividades de transporte y, en general, todo servicio o actividad que pueda generar directa o indirectamente daños ambientales.

Artículo 5. Funciones del ministerio:

2. Regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes destructivas del entorno o del patrimonio natural.

10. determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general sobre medio ambiente a las que deberán sujetarse los centros urbanos y asentamientos humanos y las actividades mineras, industriales, de transporte y en general todo servicio o actividad que pueda generar directa o indirectamente daños ambientales.

Esta norma ayuda a tener un techo normativo verificando que el ministerio de transporte es uno de los principales entes encargados del manejo y de la determinación de normas ambientales mínimas para la exposición de las personas al monóxido de carbono.

El decreto 948 de 1995 contiene el reglamento de protección y control de la calidad del aire y define las acciones y los mecanismos administrativos que las autoridades ambientales deberán desarrollar para mejorar y preservar la calidad del aire y evitar reducir el deterioro del medio ambiente.

Artículo 92. Evaluación de emisiones de vehículos automotores. El Ministerio de Medio Ambiente, mediante resolución, establecerá los mecanismos para la evaluación de los niveles de contaminantes emitidos por los vehículos automotores en circulación, procedimiento que será dado a conocer en forma oportuna. El Ministerio de Medio Ambiente establecerá los requisitos técnicos y condiciones que deberán cumplir los centros de diagnóstico oficiales o particulares para efectuar la verificación de emisiones de fuentes móviles.

Dichos centros deberán contar con la dotación completa de los aparatos de medición y diagnóstico ambiental exigidos, en correcto estado de funcionamiento y con personal capacitado para su operación, en la fecha que, mediante resolución, establezca el ministerio de medio ambiente.

Será de gran ayuda para el proyecto en mención puesto que limita el responsable de la delimitación de los requisitos técnicos para la verificación de las emisiones en el país.

Dentro del decreto 2107 de 1995 el Ministerio del Medio Ambiente establece los requisitos técnicos y condiciones que deberán cumplir los centros de diagnóstico oficiales o

particulares para efectuar la verificación de emisiones de fuentes móviles. Dichos centros deberán contar con la dotación completa de los aparatos de medición y diagnóstico ambiental exigidos, en correcto estado de funcionamiento, y con personal capacitado para su operación.

La ley 769 de 2002 define el nivel de emisión de gases contaminantes como la cantidad descargada de gases contaminantes por parte de un vehículo automotor, que debe ser establecida por la autoridad ambiental competente.

“Artículo 2. Definiciones Nivel De Emisión De Gases Contaminantes: Cantidad descargada de gases contaminantes por parte de un vehículo automotor. Es establecida por la autoridad ambiental competente.”

A pesar de que el proyecto está solo relacionado con el monóxido de carbono, se puede en algún momento de la investigación encontrar el tema de emisiones en general; por lo cual es importante referenciar la norma vigente al respecto.

La Resolución 910 de 2008 emitido por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, en esta resolución se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, también reglamenta los requisitos y certificaciones a las que están sujetos los vehículos y demás fuentes móviles, sean importadas o de fabricación nacional.

Artículo 5. Límites máximos de emisión permisibles para vehículos a gasolina. En la tabla se establecen los máximos niveles de emisión que podrá emitir toda fuente móvil clasificada como vehículo automotor con motor a gasolina, durante su funcionamiento en velocidad de cruce y condición de marcha mínima, ralentí o prueba estática, a temperatura normal de operación.

Para los centros de diagnóstico éstas son las mediciones de CO máximas según el modelo del vehículo que se esté revisando, lo que nos ayudará a comprender el manejo y la información de los FURES<sup>1</sup> donde se evidencian los resultados de cada uno.

El decreto 1477 de 2014 por el cual se establece las tablas de enfermedades y menciona las patologías por causa a la exposición del Monóxido de Carbono, donde se plantea que una empresa debe responder por sus trabajadores en caso de presentar alguna de ellas.

Para los niveles límites permisibles del CO el decreto 1886 de 2015 en su artículo 39 plantea que el nivel permisible de exposición a monóxido de carbono de acuerdo con Occupational Safety and Health Administration OSHA es de 50 partes por millón (PPM) promediado como el promedio del tiempo de peso de 8 horas (TWA). Un límite del techo (nivel de exposición que nunca debe excederse sin importar las 8 horas de TWA) de 200 ppm ha sido establecido por el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH). El valor del Límite de Los Higienistas Industriales de la Conferencia Americana Gubernamental (ACGIH) es de 25 ppm de un tiempo de 8 horas de TWA.

La Norma Técnica Colombiana NTC 4231, 2012 se encuentran los procedimientos de evaluación y características de los equipos de flujo parcial necesarios para medir las emisiones de humo generadas por las fuentes móviles accionadas con ciclo de Diesel (método de aceleración libre).

Esta norma establece la metodología para estimar indirectamente la emisión de material particulado en el humo de escape de los vehículos que operan con ciclo diésel, mediante las

---

<sup>1</sup> Formato único de revisión

propiedades de extinción de luz que esta emisión presenta. La metodología es desarrollada en condiciones de aceleración libre, cuyo resultado es comparado con lo establecido en la reglamentación ambiental vigente.

A pesar de que la mayor parte de vehículos revisados en los centros de diagnóstico corresponden a motores impulsados con gasolina, los motores Diesel también emiten CO; por lo cual se debe conocer la metodología con la cual se verifican este tipo de motores.

La Norma Técnica Colombiana NTC 4983, 2012 donde se encuentran la forma de evaluación de gases de escape de vehículos automotores que operan con ciclo OTTO. Método de ensayo en marcha mínima (RALENTI) y velocidad crucero, y especificaciones para los equipos empleados en esta evaluación.

Así mismo se establecen las características técnicas mínimas de los equipos necesarios para realizar y certificar dichas mediciones dentro del desarrollo de los programas de control vehicular.

Estas normas técnicas se inclinan a tipos de motores, y éste específicamente se relaciona con un ciclo diferente, por ende, las emisiones pueden variar y las técnicas de verificación son diferentes por lo que es importante su conocimiento.

La Norma Técnica Colombiana NTC 5365, 2012, determina la evaluación de gases de escape de motocicletas, motociclos, moto triciclos, motocarros y cuatrimotos, accionados tanto con gas o gasolina (Motor de cuatro tiempos) como con mezcla gasolina aceite (Motor de dos tiempos).



Así mismo se establecen las características técnicas mínimas de los equipos necesarios para realizar y certificar dichas mediciones dentro del desarrollo de los programas de control vehicular.

La resolución 2509, 2010 por el cual se establece el nuevo procedimiento de autorización y seguimiento del proceso de medición de emisiones contaminantes generadas por fuentes móviles, para autoridades ambientales, laboratorios ambientales, comercializadores representantes de marca, fabricantes, ensambladores e importadores de vehículos, motocicletas y moto triciclos.

Artículo 4. Requisitos Generales Para Las Autoridades Ambientales: Toda autoridad ambiental deberá cumplir con el protocolo para la autorización y seguimiento del proceso de medición de emisiones contaminantes generadas por fuentes móviles, propio para las autoridades ambientales, adoptadas por el IDEAM.

La Norma Técnica Colombiana NTC-ISO/IEC 1720 contiene los requisitos de gestión de calidad y técnicos aplicables a organizaciones como los centros de diagnóstico, aplicada a organizaciones que realizan inspecciones.

## **Diseño Metodológico**

### **Planteamiento del Problema**

Se realizó una investigación teórica de la información base para determinar posibles causales e ideas del posible problema. Asimismo, se tuvo en cuenta experiencias previas de los

integrantes del grupo sin dejar de lado la relación que este debe tener con la especialidad en curso. “Gerencia en sistemas de gestión en seguridad y salud en el trabajo de la universidad ECCI” de Colombia ubicada en la ciudad de Bogotá.

Se determinó el Problema en base a la poca información encontrada respecto a normatividad y teoría en relación con la exposición de monóxido de carbono en el CDA se estableció idea única de investigación.

Formulación del problema. Se desarrolló una pregunta de información. Estableciendo tipo de investigación mixta método de desarrollo secuencial.

#### Objetivos de investigación

De acuerdo con los objetivos de investigación se plantearon 3 fases de desarrollo.

#### **Fase I: Evaluación y Reconocimiento**

Se realizó el diagnostico en Seguridad y Salud en el trabajo de acuerdo con los estándares mínimos en la resolución 0312 de 2019, donde se identificó el porcentaje de cumplimiento del CDA, teniendo como resultado un cumplimiento de un 46,5% valorado como un estado crítico. Ver Anexo 1. Autoevaluación CDA TECNILALO S.A.S.

El CDA cuenta con política de Seguridad y Salud en el trabajo y Política Ambiental publicada y socializada, donde se comprometen a garantizar un ambiente en pro de la prevención de incidentes y accidentes dentro de la organización y la prevención de contaminación. Ver Anexo 2. Políticas

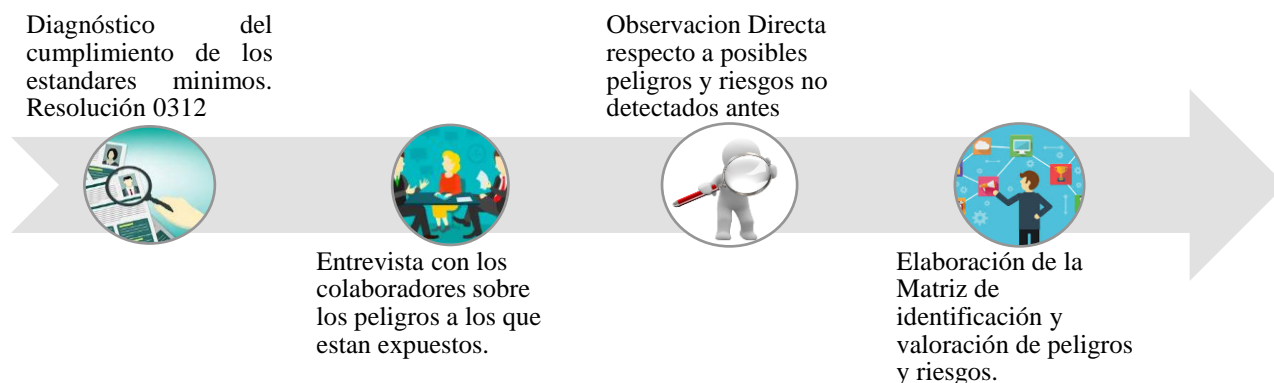
Teniendo en cuenta el compromiso de las políticas y el objeto de este estudio se procedió a revisar la Matriz de identificación y valoración de riesgos, donde se identificó falencias en su estructura y gestión, siendo la metodología utilizada para su elaboración GTC 45 de 2012.

Las falencias que se identificaron fueron la falta de actualización desde el año 2017, la matriz no se mostraba clasificada por procesos y actividades, no tenía la valoración de peligros tales como la presencia de inhalación de monóxido de carbono, desniveles de suelo, la SARS COVID 19, peligro biológico por contacto con diferentes vehículos y peligro de accidente dentro del CDA.

Teniendo como diagnostico esto, se realizó una observación directa en cada proceso y actividad y se procedió a preguntar a los colaboradores los peligros que ellos consideraban que tenían en su trabajo, de esta manera se formuló una nueva matriz más enfocada a los peligros reales de la empresa y los informes de incidentes de los últimos 2 años. Ver Anexo 3. Matriz de Identificación y Valoración de Peligros y Riesgos.

## Ilustración 2.

### Procedimiento de la actividad 1. Fase I



**Nota:** La figura muestra el procedimiento que se siguió para llevar a cabo la segunda actividad de la fase I del proyecto.

## Fase II. Determinación de los Niveles Actuales de Monóxido de Carbono (CO)

Se evaluó los niveles de monóxido de carbono CO presentes en la pista del CDA TECNI LALO S.A.S en cumplimiento de la normatividad legal aplicable, y posteriormente se comparó los resultados obtenidos, con los Valores Límites Permisibles (TLV's) de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH), versión 2012 adoptados por Colombia bajo la resolución 2400 de 1979 y determinó la existencia o no de riesgo para la salud del personal que labora en el área mencionada.

**Método.** El método utilizado fue mediante la medición directa con sensor electroquímico, para la determinación de la concentración de CO producto de la combustión de los vehículos, haciendo mediciones en la pista de motos y livianos. La pista de livianos se dividió

en (5) cinco zonas representativas: pre-revisión, área de taxímetro, área frenometro luxómetro, área Gases y Foso; la pista de motos se dividió en (3) tres zonas representativas: pre-revisión, área frenometro luxómetro y gases.

Las medidas se tomaron en (10) diez puntos sobre cada una de las pistas y sobre estos puntos se midieron los niveles de CO en (3) tres ocasiones bajo una frecuencia de tiempo de (5) cinco minutos; este método se repitió durante (3) tres días en la pista de livianos y (2) dos en la pista de motos.

**Criterios para el Diagnostico.** Los resultados obtenidos en las evaluaciones ambientales de Monóxido de Carbono se compararon con el Valor Límite Permisible (TLV - TWA), indicado por la ACGIH 2012, el cual está establecido para una exposición de 8 horas diarias de trabajo y 40 semanales. Estos valores fueron adoptados por la Legislación Colombiana, mediante la resolución 2400 de 1979 emanada del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

La ACGIH, indica un TLV - TWA de 25 ppm (25 partes por millón), para 8 horas diarias de trabajo y 40 a la semana. Además de ello posee la Notación BEI. Debido a que Colombia labora en jornada distinta a 40 horas semanales, el TLV - TWA se corrigió mediante el método Brief & Scala.

Teniendo en cuenta que la jornada laboral colombiana es de 48 horas a la semana, se realizó la respectiva corrección y se tiene que el nuevo TLV-TWA es de 19.35 ppm. para exposiciones menores a 30 minutos, en ciertos compuestos como el Monóxido de Carbono los TLV's permiten aplicar "límites de excursión", que señala como factible superar hasta 3 veces el TLV-TWA, sin exceder nunca de 5 veces, pero cumpliendo al final de la jornada laboral una concentración promedio ponderado menor al TLV-TWA estipulado para la sustancia.

Por tanto, el nivel máximo de exposición es de 97.7 ppm., siempre y cuando se cumpla al final la concentración TLV-TWA.

**Equipo Utilizado.** Para las mediciones se utilizó un monitor de gases con las siguientes características.

**Tabla 6**

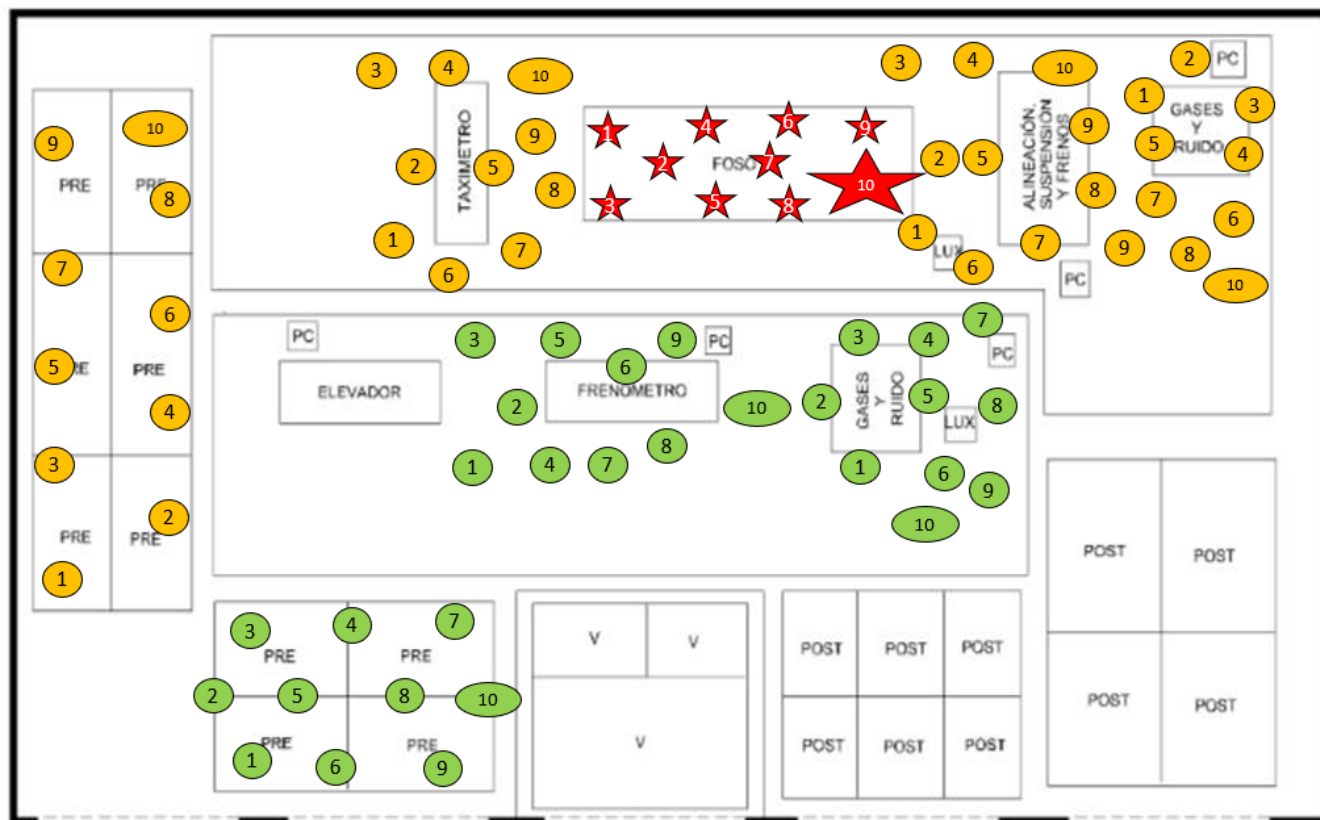
*Características del equipo utilizado para las mediciones del CO*

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIAL No.</b>	<b>CERTIFICADO</b>	<b>TRAZABILIDAD</b>
Monitor de Gases	RKI INSTRUMENTS	GX-2009	529082757- RN	HX-CC-MG3817	Higielectronix

### Puntos de Muestra en el área de Pista.

#### Ilustración 3

Puntos seleccionados en el Área de Pista



*Nota.* representa el esquema del área de pista y los (10) puntos de muestra tomados para medir las concentraciones de CO.

**Resultado de las Mediciones.** Las medidas se tomaron en condiciones normales de operación del CDA TECNI LALO S.A.S; en la Tabla No.7 y No. 8 (Anexo 4 Mediciones) se presenta el resultado del tiempo de evaluación y el índice de riesgo. Al obtener el índice de

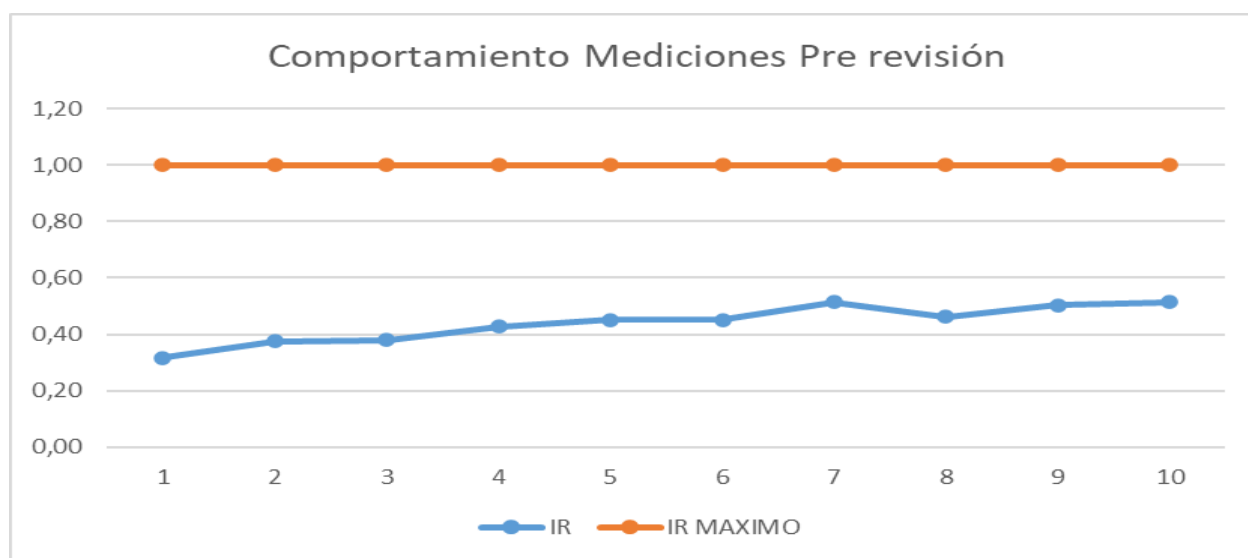
riesgo, permitió de manera más apropiada, determinar las diferentes acciones para tener en cuenta para el manejo del riesgo.

Si el índice de riesgo es menor a uno (1) significa que la concentración evaluada se encuentra por debajo del valor límite permisible, y que aparentemente no representa riesgo para la salud de los trabajadores expuestos. Si el índice de riesgo es superior a uno (1) indica la existencia aparente de riesgo para la salud del personal expuesto, por lo que se considera necesario aplicar medidas de control.

A continuación, se presentan graficas en las cuales se evidencia el comportamiento de las medidas tomadas durante los (3) tres días para la pista de livianos y los (2) dos días en pista de motos.

#### ***Ilustración 4.***

*Comportamiento IR área de pre-revisión pista livianos*

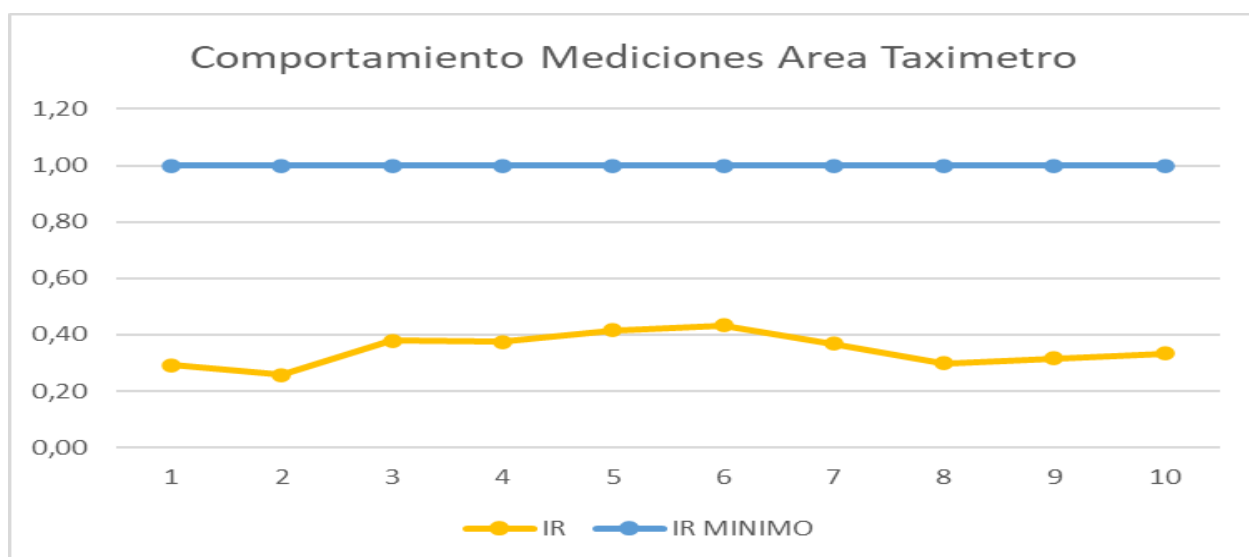




En la primera gráfica se muestra el comportamiento de la medición 1 en el área pre-revisión de la pista de motos, donde el IR no sobrepasa el valor límite permisible, estando continua entre los valores de 0,30 y 0,50.

### Ilustración 5

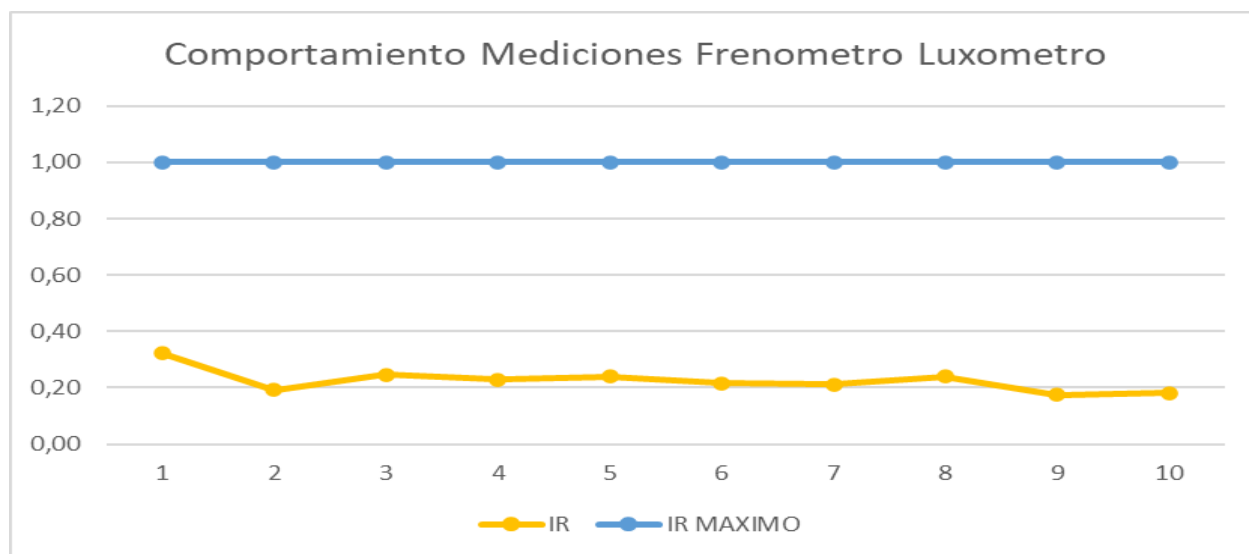
*Comportamiento mediciones IR área taxímetro pista livianos*



Esta gráfica muestra el comportamiento del IR en el área del taxímetro de la pista de livianos, que se encuentra por debajo del valor límite permisible, teniendo una variación de 0,30 a 0,40, valores muy similares al área de pre-revisión.

**Ilustración 6.**

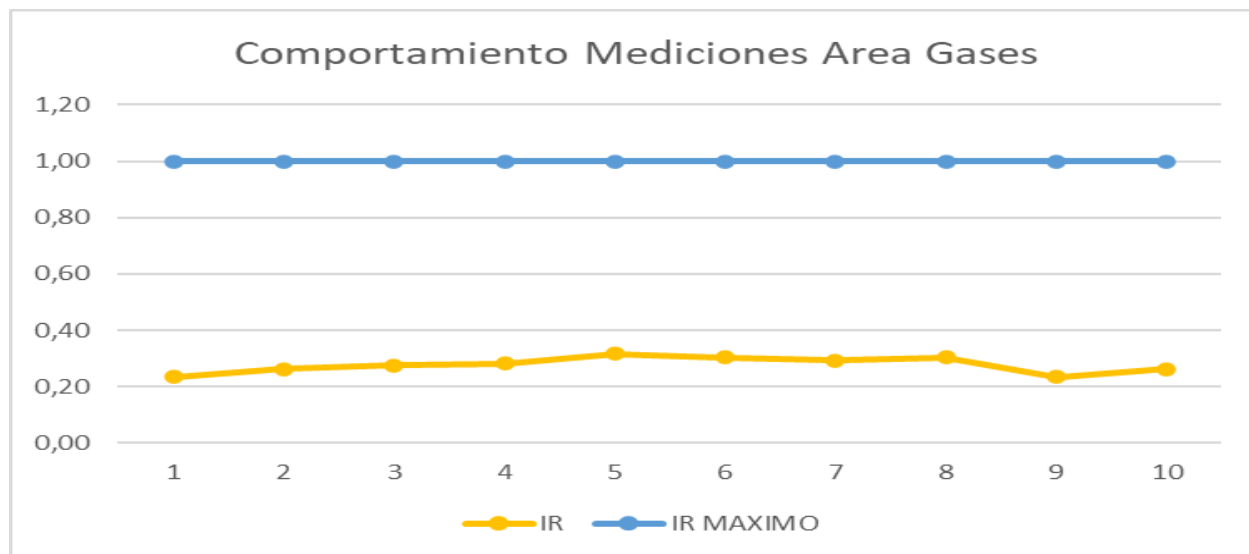
*Comportamiento mediciones IR área frenometro luxómetro pista livianos.*



El área del frenometro y luxómetro presenta un promedio de 0,20 de IR, inferior que las otras áreas anteriores, lo que significa que no existe riesgo por exposición al monóxido de carbono.

**Ilustración 7**

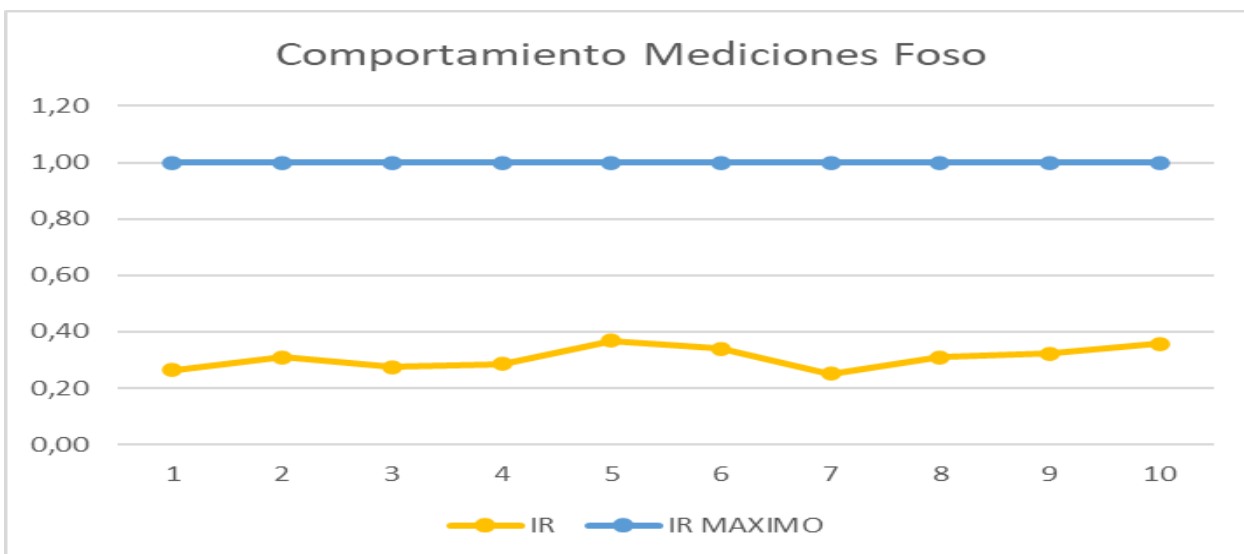
*Comportamiento mediciones IR área gases pista livianos.*



La pista de gases fue una de las áreas que generó más hipótesis de presencia alta de monóxido de carbono por la actividad de la revisión de gases de vehículos de combustión, sin embargo, las mediciones arrojaron que el IR es muy bajo en comparación con el valor límite permisible establecido por la ACGIH.

**Ilustración 8**

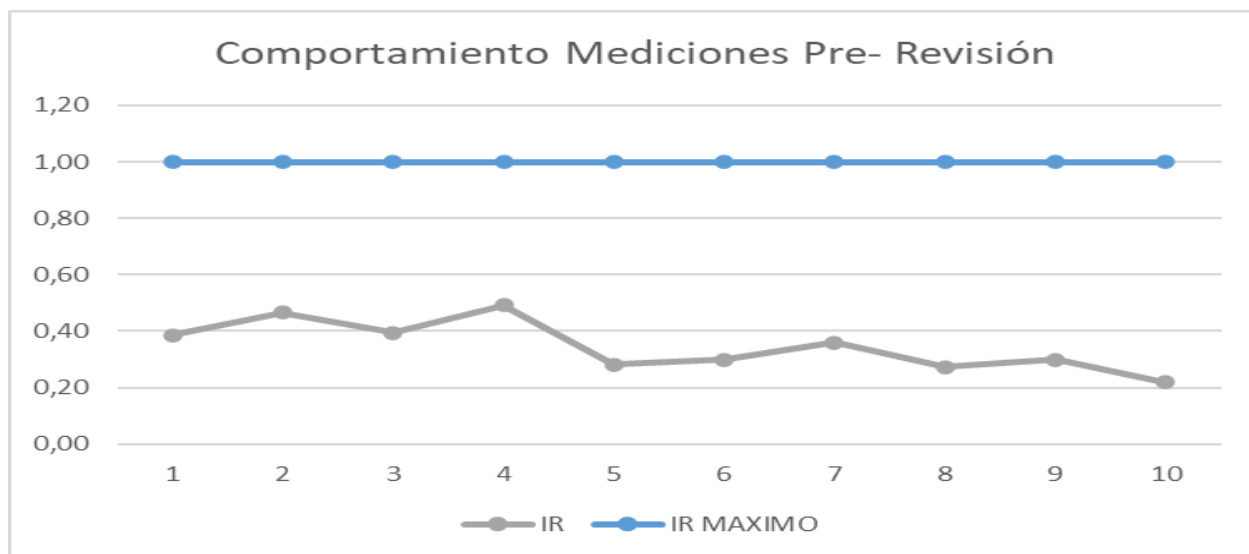
*Comportamiento mediciones IR área foso pista livianos*



El área de foso en la pista de livianos presenta un IR similar a las otras áreas, siendo el más alto 0,39 y el más bajo 0,25. Son valores que no representan un peligro para la población trabajadora.

**Ilustración 9**

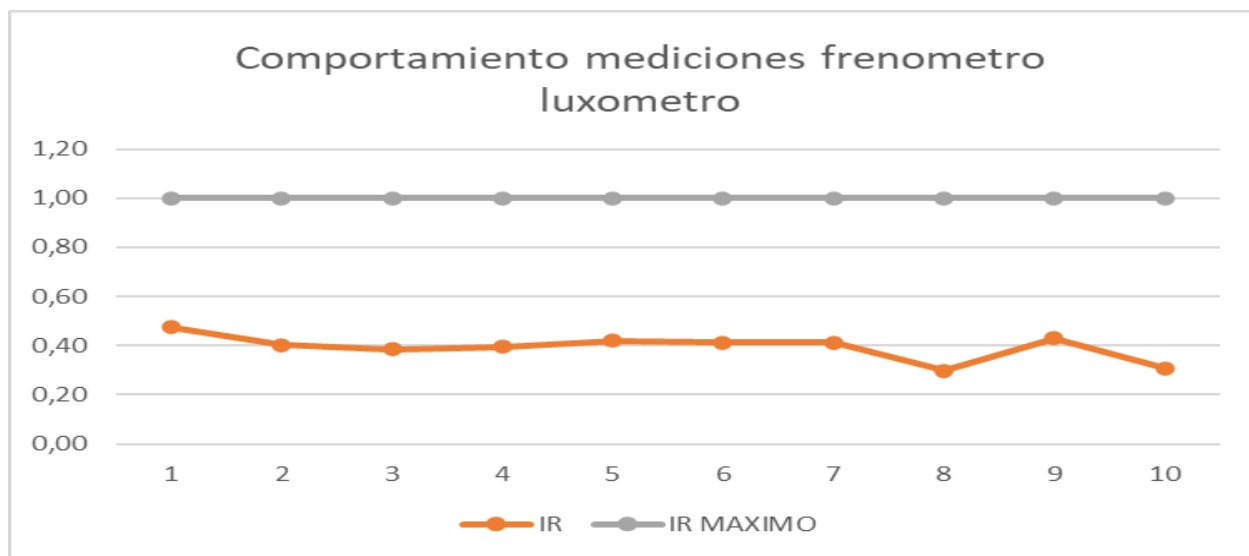
*Comportamiento mediciones IR Pre-Revisión pista motos.*



En el área pre-revisión de la pista de motos, se presenta pequeñas variaciones en los niveles de IR que no afectan en ningún caso la salud de los colaboradores del CDA. El IR inicia en 0,39 subiendo a 0,50 y vuelve a disminuir a 0,20.

### Ilustración 10

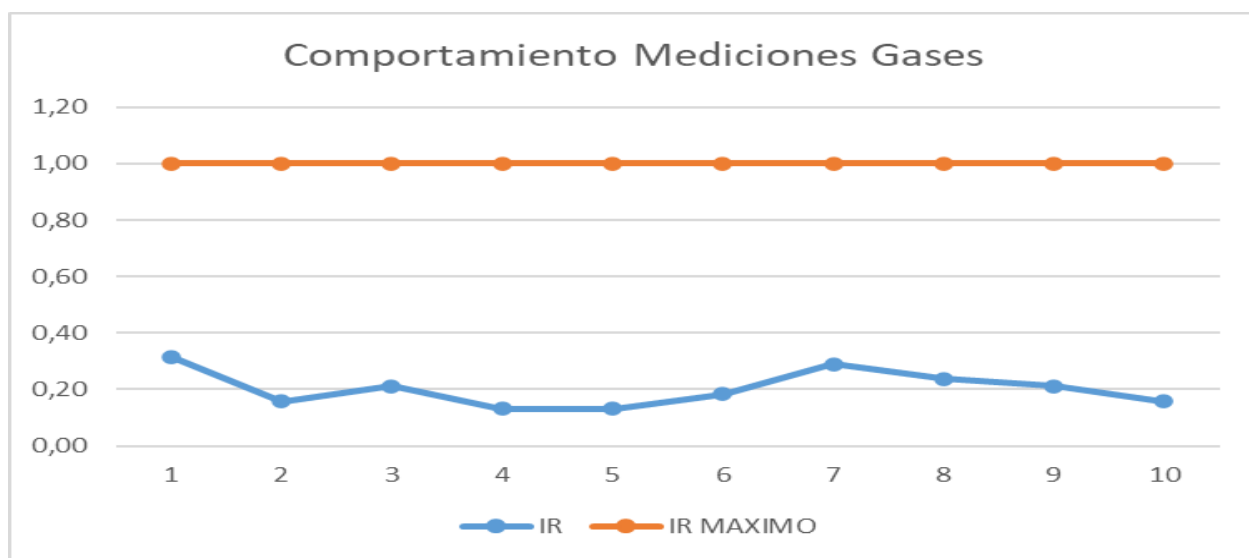
*Comportamiento mediciones IR Frenometro Luxómetro pista motos.*



En el área de frenometro y luxómetro de la pista de motos el IR se encuentra en 0,50 y disminuye a 0,40 manteniéndose constante por un periodo y vuelve a descender a 0,30 y a ascender a 0,40, presentando finalmente de nuevo una disminución.

**Ilustración 11**

*Comportamiento mediciones IR gases pista motos.*



El en área de gases se presenta IR por debajo de 0,20 y siendo 0,30 el más alto, cifras muy pequeñas.

## Promedio de Mediciones

**Tabla 7**

*Promedio de Mediciones Pista Livianos*

PISTA LIVIANOS																									
MUESTRA	PRE REVISION			X	IR	AREA TAXIMETRO			X	IR	AREA DE FRENOMETRO			X	IR	AREA GASES			X	IR	FOSO			X	IR
	DIA 1	DIA 2	DIA 3			DIA 1	DIA 2	DIA 3			DIA 1	DIA 2	DIA 3			DIA 1	DIA 2	DIA 3			DIA 1	DIA 2	DIA 3		
UNIDADES	ppm	ppm	ppm	ppm	N.A	ppm	ppm	ppm	ppm	N.A	ppm	ppm	ppm	ppm	N.A	ppm	ppm	ppm	ppm	N.A	ppm	ppm	ppm	ppm	N.A
1	3,33	13,00	1,67	6,00	0,32	12	2,33	2,33	5,56	0,29	8,33	5,00	5,00	6,11	0,32	6,00	3,67	3,67	4,44	0,23	3,00	6,00	6,00	5,00	0,26
2	4,33	13,67	3,33	7,11	0,37	9	3	2,67	4,89	0,26	5,67	2,67	2,67	3,67	0,19	7,00	4,00	4,00	5,00	0,26	1,67	8,00	8,00	5,89	0,31
3	6,33	12,67	2,67	7,22	0,38	15,33	2,67	3,67	7,22	0,38	7,33	3,33	3,33	4,67	0,25	6,33	4,67	4,67	5,22	0,27	2,33	6,67	6,67	5,22	0,27
4	9,00	13,00	2,33	8,11	0,43	14	3	4,33	7,11	0,37	6,33	3,33	3,33	4,33	0,23	6,00	5,00	5,00	5,33	0,28	2,33	7,00	7,00	5,44	0,29
5	9,00	14,33	2,33	8,56	0,45	16,33	3,33	4	7,89	0,42	7,67	3,00	3,00	4,56	0,24	8,00	5,00	5,00	6,00	0,32	3,00	9,00	9,00	7,00	0,37
6	8,00	14,33	3,33	8,56	0,45	16,67	4	4	8,22	0,43	6,33	3,00	3,00	4,11	0,22	8,00	4,67	4,67	5,78	0,30	2,67	8,33	8,33	6,44	0,34
7	9,00	16,67	3,67	9,78	0,51	16,33	2	2,67	7,00	0,37	6,00	3,00	3,00	4,00	0,21	8,00	4,33	4,33	5,56	0,29	1,67	6,33	6,33	4,78	0,25
8	9,67	14,00	2,67	8,78	0,46	12,33	3	1,67	5,67	0,30	8,33	2,67	2,67	4,56	0,24	6,67	5,33	5,33	5,78	0,30	3,67	7,00	7,00	5,89	0,31
9	10,00	15,67	3,00	9,56	0,50	11,33	2	4,67	6,00	0,32	8,67	0,67	0,67	3,33	0,18	5,33	4,00	4,00	4,44	0,23	3,00	7,67	7,67	6,11	0,32
10	9,00	16,00	4,33	9,78	0,51	12,33	2,67	4	6,33	0,33	9,00	0,67	0,67	3,44	0,18	7,00	4,00	4,00	5,00	0,26	3,67	8,33	8,33	6,78	0,36

*Nota.* Se muestra los resultados de las mediciones en los 10 puntos de muestreo durante 3 días en el área de Pista de Livianos y se halla el Índice de Riesgo. Ver Anexo 4. Mediciones

El índice de riesgo durante los tres días de mediciones no superó el valor limite permisible, obteniendo valores muy pequeños que no representan riesgo para la salud. El IR mayor obtenido en esta área fue de 0,51 y el menor fue de 0,18.



Tabla 8

Promedio de Mediciones de Pista de Motos

PISTA MOTOS											
MUESTRA	PRE REVISION		X	IR	AREA FRENOMETRO LUXOMETRO		X	IR	AREA GASES	X	IR
	DIA 1	DIA 2			DIA 1	DIA 2			DIA 1		
UNIDADES	ppm	ppm	ppm	N.A	ppm	ppm	ppm	N.A	ppm	ppm	N.A
1	8,33	6,33	7,33	0,39	10,33	7,67	9,00	0,47	6,00	6,00	0,32
2	10,00	7,67	8,83	0,46	9,33	6,00	7,67	0,40	3,00	3,00	0,16
3	8,33	6,67	7,50	0,39	8,33	6,33	7,33	0,39	4,00	4,00	0,21
4	11,33	7,33	9,33	0,49	9,33	5,67	7,50	0,39	2,50	2,50	0,13
5	4,00	6,67	5,33	0,28	10,33	5,67	8,00	0,42	2,50	2,50	0,13
6	5,00	6,33	5,67	0,30	10,33	5,33	7,83	0,41	3,50	3,50	0,18
7	7,67	6,00	6,83	0,36	10,00	5,67	7,83	0,41	5,50	5,50	0,29
8	4,67	5,67	5,17	0,27	7,33	4,00	5,67	0,30	4,50	4,50	0,24
9	5,33	6,00	5,67	0,30	10,33	6,00	8,17	0,43	4,00	4,00	0,21
10	5,33	3,00	4,17	0,22	7,00	4,67	5,83	0,31	3,00	3,00	0,16

**Nota.** Se muestra los resultados de las mediciones en los 10 puntos de muestreo durante 2 días en el área de Pista de motos y se halla el Índice de Riesgo. Ver Anexo 4. Mediciones

La pista de motos tampoco dio como resultado un IR peligroso para la salud de los colaboradores, las mediciones dieron resultados muy bajo, siendo 0,40 el más alto y 0,13 el más bajo.

Tabla 9

*Mediciones del primer día de muestreo para la Pista de Livianos*

PISTA LIVIANOS															
FECHA: 8/10/2020															
MUESTRA	PRE REVISION			AREA TAXIMETRO			AREA FRENOMETRO LUXOMETRO			AREA GASES			FOSO		
	15:50	15:55	16:00	16:05	16:10	16:15	16:20	16:25	16:30	16:35	16:40	16:45	16:50	16:55	17:00
1	3	5	2	8	17	11	7	6	12	6	6	6	3	6	0
2	5	6	2	9	11	7	4	8	5	5	8	8	2	3	0
3	11	6	2	14	21	11	10	7	5	8	5	6	2	5	0
4	14	5	8	15	16	11	6	8	5	8	5	5	2	3	2
5	16	6	5	17	14	18	8	8	7	9	8	7	2	5	2
6	13	6	5	22	18	10	6	7	6	9	6	9	2	5	1
7	14	5	8	16	21	12	5	9	4	8	6	10	2	3	0
8	12	5	12	13	14	10	11	12	2	6	7	7	2	7	2
9	9	5	16	7	16	11	5	10	11	6	5	5	2	5	2
10	8	5	14	11	12	14	9	8	10	9	7	5	2	7	2

*Nota.* Se muestra los resultados de las mediciones de los 10 puntos de muestreo durante el primer día de muestreo, en el Área de Pista de Livianos. Ver Anexo 4. Mediciones

Tabla 10.

Mediciones del primer día de muestreo para la Pista de Livianos

PISTA LIVIANOS															
FECHA: 9/10/2020															
MUESTRA	PRE REVISION			AREA TAXIMETRO			AREA FRENOMETRO LUXOMETRO			AREA GASES			FOSO		
	15:55	16:20	16:45	17:55	18:00	18:05	17:00	17:05	17:40	16:55	17:10	17:50	16:25	16:30	16:40
1	14	2	23	4	0	3	9	4	2	2	4	5	3	8	7
2	19	1	21	3	3	3	4	4	0	2	4	6	4	9	11
3	21	3	14	3	2	3	6	4	0	3	4	7	5	6	9
4	18	5	16	3	3	3	3	3	4	2	6	7	5	5	11
5	17	3	23	4	3	3	3	3	3	2	8	5	3	13	11
6	13	3	27	2	5	5	4	3	2	2	8	4	3	12	10
7	22	5	23	0	3	3	3	3	3	2	8	3	5	5	9
8	18	3	21	2	2	5	2	3	3	3	8	5	5	9	7
9	19	5	23	2	2	2	2	0	0	0	7	5	5	11	7
10	23	5	20	2	4	2	2	0	0	0	7	5	4	14	7

*Nota.* Se muestra los resultados de las mediciones de los 10 puntos de muestreo durante el segundo día de muestreo, en el Área de Pista de Livianos. Ver Anexo 4. Mediciones.

Tabla 11

*Mediciones del tercer día de muestreo para la Pista de Livianos*

PISTA LIVIANOS															
FECHA: 10/10/2020															
MUESTRA	PRE REVISION			AREA TAXIMETRO			AREA FRENOMETRO LUXOMETRO			AREA GASES			FOSO		
	13:00	13:05	13:10	13:15	13:20	13:25	13:30	13:35	13:40	13:45	13:50	13:55	14:00	14:05	14:10
1	0	2	3	0	3	4	9	4	2	2	4	5	3	8	7
2	0	3	7	0	5	3	4	4	0	2	4	6	4	9	11
3	0	3	5	0	6	5	6	4	0	3	4	7	5	6	9
4	3	0	4	3	7	3	3	3	4	2	6	7	5	5	11
5	5	0	2	5	4	3	3	3	3	2	8	5	3	13	11
6	3	1	6	3	5	4	4	3	2	2	8	4	3	12	10
7	3	3	5	3	3	2	3	3	3	2	8	3	5	5	9
8	0	5	3	0	5	0	2	3	3	3	8	5	5	9	7
9	2	7	0	2	7	5	2	0	0	0	7	5	5	11	7
10	2	7	4	2	7	3	2	0	0	0	7	5	4	14	7

*Nota.* Se muestra los resultados de las mediciones de los 10 puntos de muestreo durante el tercer día de muestreo, en el Área de Pista de Livianos. Ver Anexo 4. Mediciones.

Tabla 12

*Mediciones del primer día para Pista de Motos*

<b>PISTA MOTOS</b>								
<b>FECHA:</b>	<b>9/10/2020</b>							
<b>MUESTRA</b>	<b>PRE REVISION</b>			<b>AREA FRENOMETRO LUXOMETRO</b>			<b>GASES</b>	
	16:05	16:30	17:35	16:10	16:15	16:30	16:15	16:50
<b>1</b>	0	2	23	8	11	12	5	7
<b>2</b>	7	2	21	8	7	13	3	3
<b>3</b>	9	2	14	9	7	9	3	5
<b>4</b>	15	3	16	11	3	14	2	3
<b>5</b>	7	2	3	6	7	18	0	5
<b>6</b>	10	3	2	7	6	18	0	7
<b>7</b>	16	5	2	5	7	18	3	8
<b>8</b>	10	3	1	2	7	13	5	4
<b>9</b>	9	5	2	5	11	15	4	3
<b>10</b>	9	5	2	5	9	7	3	4

*Nota.* Se muestra los resultados de las mediciones de los 10 puntos de muestreo durante el primer día de muestreo, en el Área de Pista de Motos. Ver Anexo 4. Mediciones.

Tabla 13

*Mediciones del segundo día para Pista de Motos*

<b>PISTA MOTOS</b>						
<b>FECHA:</b>	<b>10/10/2020</b>					
<b>MUESTRA</b>	<b>PRE REVISION</b>			<b>AREA FRENOMETRO LUXOMETRO</b>		
	14:25	14:40	14:45	16:10	16:15	16:30
<b>1</b>	7	7	5	8	11	4
<b>2</b>	10	9	4	8	7	3
<b>3</b>	5	11	4	9	7	3
<b>4</b>	5	13	4	11	3	3
<b>5</b>	3	13	4	6	7	4
<b>6</b>	5	11	3	7	6	3
<b>7</b>	4	9	5	5	7	5
<b>8</b>	3	11	3	2	7	3
<b>9</b>	3	7	8	5	11	2
<b>10</b>	0	6	3	5	9	0

*Nota.* Se muestra los resultados de las mediciones de los 10 puntos de muestreo durante el segundo día de muestreo, en el Área de Pista de Motos. Ver Anexo 4. Mediciones.

Teniendo en cuenta los resultados de las mediciones se define en la siguiente tabla los efectos de la salud las personas por exposición a diferentes concentraciones de Monóxido de Carbono CO.

**Tabla 14**

*Concentraciones de CO VS Efecto en la Salud*

Concentración ppm	Efecto
50	Exposición corta no causa efectos adversos en personas saludables. Exposición por 30 minutos o más causa desconcentración (Pérdida de la atención).
100	Dolor de cabeza
200	Dolor de cabeza intenso
400	Mare, debilidad, náuseas, desmayo.
600	Debilidad, latidos del corazón acelerados.
1200	Latidos de corazón irregulares.
2000	Pérdida de la conciencia y muerte aproximadamente en 30 minutos.
5000	Muerte en pocos minutos
A LARGO PLAZO	Inhalación e concentraciones imperceptibles de monóxido a largo plazo pueden causar problemas cardio vasculares. El monóxido de carbono agrava las enfermedades de las arterias la angina de pecho.

*Nota.* Se muestra los efectos en la salud que puede presentar una persona a partir de estar expuesto a diferentes concentraciones de Monóxido de Carbono (CO).

Fuente: Consultoría en Sistema de Gestión. (2020) Informe de Mediciones de Gases.

## **Análisis de Resultados**

De acuerdo con los resultados obtenidos y a lo observado durante el período de evaluaciones se tiene:

Para los puntos medidos en las zonas de pista de livianos ninguno de los puntos superó una concentración de 19 ppm, el índice de riesgo mayor presentado en cada una de las áreas fue: (0,51) pre-revisión, (0,43) taxímetro, (0,32) frenometro luxómetro, (0,32) gases y (0,37) foso; lo que indica que aparentemente ninguna de las concentraciones de CO encontradas en las áreas representa un riesgo para la salud de los trabajadores.

Para los puntos de medidos en las zonas de pista de motos ninguno de los puntos superó una concentración de 19 ppm, el índice de riesgo mayor presentado en cada una de las áreas fue: (0,49) pre-revisión, (0,47) frenometro luxómetro y (0,32) gases; lo que indica que aparentemente ninguna de las concentraciones de CO encontradas en las áreas representa un riesgo para la salud de los trabajadores.

La tasa de concentración de CO está relacionada con la cantidad de vehículos a los que se les realiza la revisión técnico-mecánica; se identificó un crecimiento a las concentraciones debido a la cantidad de vehículos que se atendieron el día 2 en pista de livianos.

Los efectos en la salud por exposición a monóxido de carbono se presentan a partir de 50 ppm (ver tabla No 14), para las concentraciones obtenidas en esta medición aparentemente no existe riesgo para la salud de las personas por exposición a monóxido de carbono.



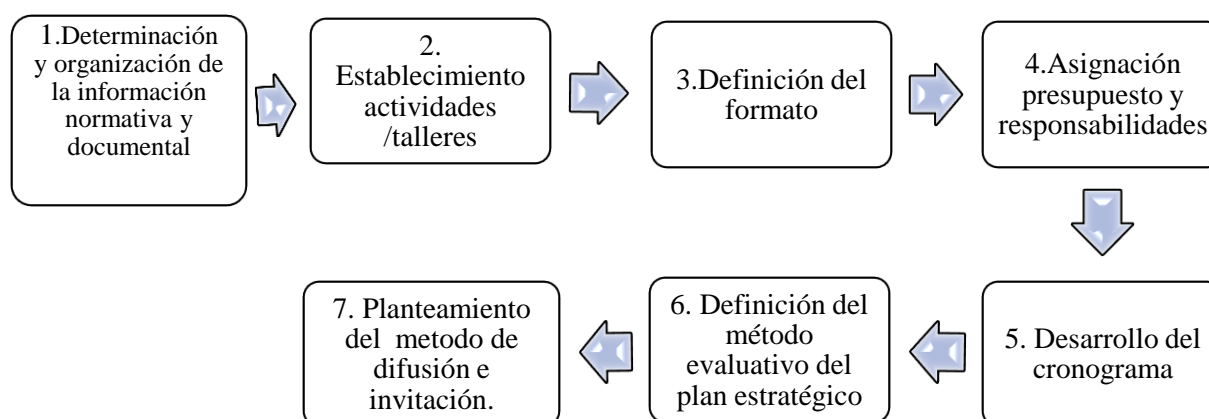
### Fase III. Diseño de un Plan Estratégico para la Mitigación del Riesgo Químico

Después del análisis de la fase I y II, se realizó una interpretación de resultados que permitió identificar con fundamentos teóricos y experimentales las estrategias adecuadas de mitigación de CO en las instalaciones del CDA. En esta fase se efectuó tabulación de datos concretos que permitió delimitar variables independientes (factores de riesgo) con variables dependientes (Estrategias de mitigación).

De los resultados de esta fase se plantearon las estrategias de mitigación del riesgo por exposición al monóxido de carbono en trabajadores del CDA TECNILALO S.A.S. Se diseñó un plan estratégico a partir de la identificación y valoración de peligros y riesgos, de las mediciones ambientales y la revisión documental.

**Tabla 15**

*Actividades en la Fase III*



**Nota:** Se muestra la gestión procedimental en la fase III para el diseño del plan estratégico

### **Determinación y organización de la información normativa y documental**

En este primer paso se identificaron los aspectos normativos con respecto a las concentraciones del monóxido de carbono en un ambiente laboral e hizo una revisión teórica de propuestas eficientes para la mitigación de riesgo químico por exposición, en inspectores del CDA TECNILALO S.A.S.

En esta revisión se identificó que existe normativas colombianas que establecen valores de límites permisibles de inhalación de monóxido de carbono (CO), sin embargo, se requiere normativas más explícitas en medidas de intervención para ambientes laborales donde se emite este gas contaminante para el ser humano y para el medio ambiente. Se clasificaron las normas que hablan de la protección de la calidad del aire y los valores de limite permisible de este gas en el Anexo 5. Matriz documental.

En la revisión documental realizada durante la ejecución de este proyecto, se encontraron pocos estudios referentes a la problemática del monóxido de carbono en ambientes laborales, la mayoría de estudios estaban centrados en casos médicos y domésticos, lo que permite que esta investigación sea un aporte en el área laboral; para el análisis de estrategias utilizadas se tomó un estudio regional donde describían recomendaciones que se debían tener en cuenta para mitigar riesgos de enfermedades por inhalación del CO. Ver anexo 5. Matriz documental.

Posteriormente se realizó un plan estratégico como entregable y guía a la empresa TECNILALO S.A.S donde se establece un análisis de la situación actual del sistema de gestión, y se exponen los resultados de las mediciones de gases; a partir de ellos se plantean 16 objetivos estratégicos de los cuales se crean estrategias para dar cumplimiento a los estándares mínimos de

la resolución 0312 de 2109 y a la prevención de riesgo químico por exposición al monóxido de carbono. (Ver Anexo 6 y Anexo 7)

Teniendo en cuenta los resultados de las mediciones se identifica que el factor de exposición es muy bajo, tomando como base la medición promedio más alta.

### **Fuentes de investigación**

La investigación de este proyecto fue con enfoque mixto porque se requirió de fuentes primarias, al realizar el diagnóstico del cumplimiento de los estándares mínimos con la resolución 0312 de 2019, por otro lado, se efectuó visitas a las instalaciones para medir los niveles de CO en las diferentes áreas de la empresa, así como para identificar las acciones que se está llevando a cabo por parte del personal en cuando a la prevención de inhalación de este gas.

Por otro lado, se accedió a fuentes secundarias y terciarias en el momento de la revisión documental para identificar antecedentes del mismo estudio en otras partes del mundo y en el mismo país donde se ejecutará este proyecto; para esto se emplearon artículos de revista, tesis y artículos científicos.

Se realizó un cronograma para la organización de las actividades y el tiempo de su ejecución como se muestra en el anexo 8. Cronograma.

### **Análisis financiero**

Para la ejecución del proyecto se realizó un análisis financiero teniendo en cuenta las tres fases de ejecución. Ver Anexo 9. Presupuesto

**Tabla 16***Análisis financiero del proyecto*

Presupuesto				
<b>Datos Empresa:</b>				
Nombre:	CDA TECNILALO S.A.S			
Dirección:	Av. Boyaca No.37C-95 SUR			
Teléfono:	3022193015			
Fecha presupuesto:	01-10-2020			
DESCRIPCIÓN	PRECIO	% DTO.	PRECIO DTO.	TOTAL
Fase 1: Evaluación y Reconocimiento	\$ 365.000,00		\$ -	\$ 365.000,00
Fase 2 Determinación de los Niveles Actuales de Monóxido de Carbono (CO)	\$ 2.070.000,00		\$ 2.070.000,00	\$ 2.070.000,00
Fase 3. Diseño de un Plan Estratégico para la Mitigación del Riesgo Químico	\$ 24.720.000,00		\$ 24.720.000,00	\$ 24.720.000,00
			<b>TOTAL BRUTO</b>	<b>\$27.155.000</b>
			<b>I.V.A. %</b>	<b>19%</b>
				<b>\$5.159.450</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>\$32.314.450</b>

**Análisis Costo-Beneficio**

Para el análisis del costo-beneficio del proyecto, se hizo un análisis de los costos directos e indirectos (Ver Anexo 9. Presupuesto) que se pueden generar si se presenta una enfermedad laboral en la empresa, para el cálculo total de estos costos, se empleó el método Heinrich de la siguiente manera.

$$CT = Cd + Ci$$

donde Ci= 4 veces más que el Cd por lo tanto,

$$CT = Cd + 4Cd$$

Donde:

CT= Costos totales.

Cd= Costos directos.

Ci= Costos indirectos.

4= Factor multiplicados por estimación de los costos indirectos.

Costos directos: \$ 68.570.520

Costos indirectos: \$ 2.392.920

Para los costos directos se tomó como base los costos más altos porque se puede contemplar las peores consecuencias que una enfermedad laboral generaría en la empresa. (Ver Anexo 9. Presupuesto).

Reemplazando en la formula, queda de la siguiente manera:

$$CT = (\$68.570.520) + (4) (\$2.392.920)$$

$$CT = \$78.142.200$$

El CT es el costo total que se genera en caso de que un colaborador presente una enfermedad laboral dentro de la empresa. La enfermedad laboral está regida por la ley 1562 de 2012.

Por otra parte, se contempla el costo del proyecto en la fase 3 que es lo correspondiente al valor que la empresa puede disponer para implementar las medidas de prevención y mitigación en un plan anual de seguridad y salud en el trabajo, que le permita cumplir con los estándares mínimos de la resolución 01312 de 2019.

La fase 3 del presupuesto del proyecto tiene un costo de \$24.720.000, este valor contempla todos los gastos promedio que se requieren para el diseño e implementación de medidas para la seguridad y salud de todos los colaboradores del CDA.

El análisis de costo- beneficio del proyecto es:

Costo sin proyecto = \$78.142.200

Costo con proyecto= \$24.720.000

Beneficio del proyecto = \$78.142.200 - \$24.720.000

Beneficio del proyecto = \$ 53.422.200

El beneficio del proyecto es muy grande, teniendo en cuenta los costos a los que puede la empresa verse afectada, cubriendo solo la enfermedad laboral de un colaborados, es decir en caso de que se presenten más población afectada, la cifra sin el proyecto deberá ser multiplicada por la cantidad de personas con enfermedad laboral. (Ver Anexo 9. Presupuesto).

Se sugiere la implementación de la fase 3 por parte de la empresa teniendo en cuenta el plan estratégico (Anexo 6) y el plan anual de trabajo (Anexo 7), que permite tener una mayor rentabilidad en la medida que se cumple con la normatividad en seguridad y salud en el trabajo, y se protege la salud de los colaboradores.

### **Conclusiones y recomendaciones**

De acuerdo con los resultados obtenidos y a lo observado durante el período de evaluaciones se tiene:

Se realizaron (3) mediciones para CO (monóxido de carbono) para la pista de livianos de cada punto de muestra durante (3) días y para la pista de motocicleta se tomaron las mismas (3) mediciones, pero solo durante 2 días.

Para los puntos medidos en las zonas de pista de livianos ninguno de los puntos supero una concentración de 19 ppm, el índice de riesgo mayor presentado en cada una de las áreas fue: (0,51) pre-revisión, (0,43) taxímetro, (0,32) frenometro luxómetro, (0,32) gases y (0,37) foso; lo que indica que aparentemente ninguna de las concentraciones de CO encontradas en las áreas representa un riesgo para la salud de los trabajadores.

Para los puntos de medidos en las zonas de pista de motos ninguno de los puntos superó una concentración de 19 ppm, el índice de riesgo mayor presentado en cada una de las áreas fue: (0,49) pre-revisión, (0,47) frenometro luxómetro y (0,32) gases; lo que indica que aparentemente ninguna de las concentraciones de CO encontradas en las áreas representa un riesgo para la salud de los trabajadores.

La tasa de concentración de CO está relacionada con la cantidad de vehículos a los que se les realiza la revisión técnico-mecánica; se identificó un crecimiento a las concentraciones debido a la cantidad de vehículos que se atendieron el día 2 en pista de livianos.

Los efectos en la salud por exposición a monóxido de carbono se presentan a partir de 50 ppm para las concentraciones obtenidas en esta medición aparentemente no existe riesgo para la salud de las personas por exposición a monóxido de carbono.

Teniendo en cuenta que las normas legales de seguridad y salud en el trabajo de Colombia indican que el control de los riesgos debe hacerse en el siguiente orden Fuente – Medio y Trabajador, a continuación, se presentan algunas recomendaciones que la empresa puede usar para controlar y mantener el índice de riesgo existente. La empresa determinará su viabilidad y nivel de implementación.

Es importante que exista renovación de aire permanente en las áreas, para lo cual se requiere que haya buen ingreso de aire fresco que movilice las columnas de aire contaminado que se pudiera encontrar en el área. La cantidad de aire que ingresa debe ser equivalente a la cantidad de aire extraído. De acuerdo con los resultados se debe mantener las condiciones actuales de ventilación y movimiento de columnas de aire en pista de motos y livianos.

Estar atentos a posibles cambios en la salud del personal que pudieran estar involucrados al aumento de concentraciones para que se tomen las medidas respectivas con suficiente anticipación.

Generar recomendaciones para los trabajadores sobre el uso de elementos de protección personal durante la prueba de gases y estar atentos a posibles cambios en la salud del personal que pudiera estar involucrados al aumento de concentraciones, para que se tomen las medidas respectivas con suficiente anticipación.

El beneficio del proyecto genera un ahorro económico de \$ 53.422.200 al prevenir enfermedades laborales dentro de la organización por la implementación de un plan anual de trabajo que cumpla con los requisitos mínimos de la resolución 0312 de 2019. De esta manera la empresa gana mayor rentabilidad económica, bienestar en sus colaboradores, calidad en sus procesos y confianza de sus clientes.



### Referencias bibliográficas

- Alberreert, M. S., Ferwana, M. S., AlSalamah, M. A., Alsegayyir, A. M., Alhussaini, A. I., Alotaibi, Y. M., Alamri, K. A., Almehizia, A. A., Alanazi, T. M., & Alkewaibeen, A. M. (2019). The Incidence and Risk Factors of Carbon Monoxide Poisoning in the Middle East and North Africa: Systematic Review. *Journal of Health Informatics in Developing Countries*, 13(2), 1-18.
- Baraza, X., Castejón, E., & Guardino, X. (2016a). *Higiene Industrial*. Editorial UOC.
- Baraza, X., Castejón, E., & Guardino, X. (2016b). *Higiene Industrial*. Editorial UOC.
- Biart Hernández, R., & Pire Rivas, S. F. (2007). Determinación de factores de emisión para el monóxido de carbono producido por el transporte automotor en Cuba. *Transporte Desarrollo y Medio Ambiente*, 27(2-3), 5-8.
- Bolaños Morera, P., Chacón Araya, C., Bolaños Morera, P., & Chacón Araya, C. (2017). Intoxicación por monóxido de carbono. *Medicina Legal de Costa Rica*, 34(1), 137-146.
- Buitrago, José Luis Buitrago, & Riaño, M. V. (2014). Análisis de riesgo ocupacional asociado a la presencia de monóxido de carbono mediante un sistema gráfico. *Revista de Tecnología*, 13(1), 132-138.
- Checa Yáñez, E. G. (2015). *Evaluación a la exposición laboral a monóxido de carbono en el centro de revisión y control vehicular la florida alta del Distrito Metropolitano de Quito y propuesta de medidas de prevención y control*. Universidad Internacional SEK.
- Constitución Política de Colombia [Const]. Art. 79. 80 de julio de 1991 (Colombia).

Decreto 948 DE 1995. *Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.* 05 de junio de 1995. Diario Oficial No. 41.876.

Decreto 2107 DE 1995. *Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.* 30 de noviembre de 1995. Diario Oficial No. 42131.

Decreto 1477 de 2014. *Por el cual se expide la Tabla de Enfermedades Laborales.* 5 de agosto de 2014. Diario Oficial No. 49.234.

Decreto 1886 de 2015. *Por el cual se establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas.* 21 de septiembre de 2015. Diario Oficial No. 49642.

DiLoreto, D., & Corcoran, I. (2012). *Carbon Monoxide: Sources, Uses, and Hazards*. Nova Science Publishers, Inc.  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=540868&lang=es&site=ehost-live>

Fernández García, R. (2013). ¿Qué es el riesgo químico? *Gestión Práctica de Riesgos Laborales*, 100, 8-11.

Fuentes, J. G., Barly, L. P., González, Y. G., Noda, D. O., & Díaz, R. G. (2019). *Intoxicación por monóxido de carbono*. 7.

- Ghosh, R. E., Close, R., McCann, L. J., Crabbe, H., Garwood, K., Hansell, A. L., & Leonardi, G. (2016). Analysis of hospital admissions due to accidental non-fire-related carbon monoxide poisoning in England, between 2001 and 2010. *Journal of Public Health*, 38(1), 76-83. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdv026>
- Graber, J. M., & Smith, A. E. (2007). Results from a State-Based Surveillance System for Carbon Monoxide Poisoning. *Public Health Reports*, 122(2), 145-154. <https://doi.org/10.1177/003335490712200203>
- Henn, S. A., Bell, J. L., Sussell, A. L., & Konda, S. (2013). Occupational carbon monoxide fatalities in the US from unintentional non-fire related exposures, 1992-2008: CO Fatalities Within US Workplaces. *American Journal of Industrial Medicine*.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2012). *Procedimientos de evaluación y características de los equipos de flujo parcial necesarios para medir las emisiones de humo generadas por las fuentes móviles accionadas con ciclo diésel. Método de aceleración libre*. NTC 4231. <https://www.innovacionesiac.com/NTC-4231.pdf>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2012). *Calidad de aire, evaluación de gases de escape de vehículos automotores que operan con ciclo OTTO. Método de ensayo en marcha mínima (RALENTÍ) y velocidad crucero, y especificaciones para los equipos empleados en esta evaluación*. NTC 4983. [https://www.cdasugamuxi.com.co/gallery/ntc\\_4983.pdf](https://www.cdasugamuxi.com.co/gallery/ntc_4983.pdf)
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2012). *Calidad del aire. Evaluación de gases de escape de motocicletas, motociclos, mototriciclos, motocarros y cuatrimotos*,

*accionados tanto con gas o gasolina (motor de cuatro tiempos) como con mezcla gasolina aceite (motor de dos tiempos). Método de ensayo en marcha mínima (ralentí) y especificaciones para los equipos empleados en esta evaluación. NTC 5365.*

[https://cdaelarauco.com/data/archivos/galerias/3/20170724173645\\_1\\_ntc5365-gases-motos.pdf](https://cdaelarauco.com/data/archivos/galerias/3/20170724173645_1_ntc5365-gases-motos.pdf)

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2002). *Criterios generales para la operación de varios tipos de organismos de inspección. NTC-ISO-IEC 17020.*

[https://surtigas.com.co/cargar\\_imagen.php?id=89&tipo=6&thumbnail=FALSE](https://surtigas.com.co/cargar_imagen.php?id=89&tipo=6&thumbnail=FALSE)

Janík, M., Ublová, M., Kučerová, Š., & Hejna, P. (2017). Carbon monoxide-related fatalities: A 60-year single institution experience. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 48, 23-29.

<https://doi.org/10.1016/j.jflm.2017.04.002>

Kim, H.-J., Chung, Y. K., Kwak, K. M., Ahn, S.-J., Kim, Y.-H., Ju, Y.-S., Kwon, Y.-J., & Kim, E.-A. (2015a). Carbon monoxide poisoning-induced cardiomyopathy from charcoal at a barbecue restaurant: A case report. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 27(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s40557-015-0063-2>

Kim, H.-J., Chung, Y. K., Kwak, K. M., Ahn, S.-J., Kim, Y.-H., Ju, Y.-S., Kwon, Y.-J., & Kim, E.-A. (2015b). Carbon monoxide poisoning-induced cardiomyopathy from charcoal at a barbecue restaurant: A case report. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 27(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s40557-015-0063-2>

Ley 99 de 1993. *Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos*

*naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.* 22 de diciembre de 1993. Diario Oficial 41146.

Ley 769 de 2002. *Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones.* 06 de agosto de 2002. Diario Oficial No. 44.932.

López Forero, J. S., Rodríguez Rodríguez, D., & Beltrán Barragán, J. (2019). *Propuesta para la prevención del riesgo químico. Un análisis documental de la exposición al monóxido de carbono en los trabajadores de parqueaderos subterráneos.* Universidad ECCI.

Resolución 2400 de 1979. *Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.* 22 de mayo de 1979.

Resolución 910 de 2008. *Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.* 05 de junio de 2005. Diario Oficial No. 47030.

La resolución 2509 de 2010. *Por la cual se establece el nuevo procedimiento de autorización y seguimiento del proceso de medición de emisiones contaminantes generadas por fuentes móviles, para autoridades ambientales, laboratorios ambientales, comercializadores representantes de marca, fabricantes, ensambladores e importadores de vehículos y/o motocicletas, motociclos y mototriciclos.* 16 de noviembre de 2010. Diario Oficial No. 47.910.

- Rojas, M., Dueñas, A., & Sidorovas, L. (2001). Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en vendedores de quioscos. Valencia, Venezuela. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 9, 240-245.
- Sugavanesh P., & Pushpanjali, K. (2018). Nicotine Dependence, Its Risk Indicators, and Exhaled Carbon Monoxide Levels among the Smokers in Bengaluru, India. *Indian Journal of Community Medicine*, 43(3), 220-223. [https://doi.org/10.4103/ijcm.IJCM\\_98\\_18](https://doi.org/10.4103/ijcm.IJCM_98_18)
- Tejedor Cassiani, I. A., & Johana Mena, N. (2016a). Determinación de monóxido de carbono (CO) como factor de riesgo laboral en estaciones de servicio de combustible. *Determination of carbon monoxide (CO) as an occupational risk factor at fuel service stations.*, 7(1), 157-165. <https://doi.org/10.22490/21456453.1537>
- Téllez, J., & Rodríguez, A. (2006). Contaminación por monóxido de carbono: Un problema de salud ambiental. *Revista de salud pública*, 8, 108-117.
- Téllez, J., Rodríguez, A., & Fajardo, Á. (2006). Carbon monoxide contamination: An environmental health problem. *Revista de Salud Pública*, 8(1), 108-117.
- Vargas-Martínez, A., Reyna-López, V., & Rodríguez-Ortegac, F. (2014a). Intoxicación ocupacional por monóxido de carbono Trastornos otoneurológicos y cardiovasculares. *Otoneurologic and cardiovascular abnormalities associated to carbon monoxide poisoning in occupational exposed workers.*, 52(1), 44-49.
- Vargas-Martínez, A., Reyna-López, V., & Rodríguez-Ortegac, F. (2014b). Intoxicación ocupacional por monóxido de carbono Trastornos otoneurológicos y cardiovasculares.

*Otoneurologic and cardiovascular abnormalities associated to carbon monoxide poisoning in occupational exposed workers.*, 52(1), 44-49.

Veiraiah, A. (2020). Carbon monoxide poisoning. *Medicine*, 48(3), 197-198.

<https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2019.12.013>